

HAVO

Biologie voor jou

bvj



MALMBERG

NAAM EN KLAS:



bvj

4a

HAVO

biologie voor jou
LEEROPDRACHTENBOEK



BIOLOGIE VOOR DE BOVENBOUW
HAVO

AUTEURS

MARIANNE GOMMERS
DESIRÉE HAGENS
ARTHUR JANSEN
MIRANDA JANSEN
ANDRÉ VAN LEIJEN
HANS RAWEE
THEO DE ROUW

EINDREDACTIE

ILSE GMELIG
LINEKE PIJNAPPELS

MET MEDEWERKING VAN

LIZZY BOS-VAN DER AVOORT
RENATE BROUWERS
DANIËL VAN DRAANEN
PAULA VAN KRANENBURG
CEES MULDER
MARTEN MULDER
RENÉ WESTRA

MAX RELEASE 6.1

MALMBERG 'S-HERTOGENBOSCH
WWW.BIOLOGIEVOORJOU.NL

Voorwoord

Dit boek maakt deel uit van de methode *Biologie voor jou* voor de bovenbouw van het havo. Met deze methode kun je (met aanwijzingen van je docent) oefenen op je eigen niveau, en je goed voorbereiden op proefwerken en examens. We gebruiken in deze methode ‘docent’, ‘leerling’ en ‘bioloog’ voor beide geslachten.

Biologie voor jou bestaat uit leeropdrachtenboeken, uitwerkingenboeken en een digitale leeromgeving. Je kunt alle onderdelen uit het boek ook daarin doen.

OPBOUW VAN DE THEMA’S

Biologie voor jou is opgedeeld in thema’s. In een thema wordt de leerstof van een bepaald onderwerp uit de biologie behandeld. Alle thema’s in de delen 4 en 5 havo samen vormen de gehele leerstof voor het biologie-examen havo. De thema’s bestaan steeds uit dezelfde onderdelen. Deze staan hierna beschreven.

ONTDEKKEN

In deze context kun je de leerstof ontdekken door een maatschappelijke vraag of probleem op te lossen. Zo ontdek je welke rol biologie speelt in het dagelijks leven. Ook maak je alvast kennis met een deel van de leerstof van het thema. Je docent zegt of en wanneer je met ‘Ontdekken’ aan de slag gaat.

BASISSTOF

In de basisstoffen staat in tekst en beeld alle leerstof die je moet kennen. Ook staan er opdrachten in waarmee je de leerstof oefent. Met behulp van het uitwerkingenboek kun je deze opdrachten zelf nakijken. Je kunt de opdrachten ook maken in de digitale leeromgeving. Bij moeilijke opgaven krijg je direct feedback en de gesloten opgaven worden automatisch nagekeken. Je ziet dan meteen het goede antwoord. Aan het einde van sommige basisstoffen staat een verwijzing naar een opgave uit de Biologie Olympiade. Deze kun je herkennen aan het  symbool. Dergelijke opgaven zijn extra uitdagend. De opgaven waarnaar verwezen wordt, staan achter in dit boek.

SAMENHANG

Met de context in de ‘Samenhang’ leer je nog beter verbanden te leggen tussen de leerstof uit de basisstoffen. Je leert om de verschillende organisatieniveaus in de biologie met elkaar te verbinden, van klein naar groot en andersom.

PRACTICA

De practica staan overzichtelijk bij elkaar in een aparte paragraaf. Bij elk practicum is aangegeven bij welke basisstof het practicum hoort. Veelgebruikte biologische technieken staan in aparte kaders zodat je deze gemakkelijk kunt opzoeken.

AFSLUITING

In de samenvatting staat precies omschreven wat je moet kennen en kunnen voor een proefwerk of toets. De samenvatting is opgedeeld in leerdoelen. Deze leerdoelen kun je ook terugvinden in de basisstoffen. Hierdoor kun je opzoeken welke leerstof bij de samenvatting hoort.

ONTDEKKEN

Eerst lachen, dan denken! 8

BASISSTOF

- | | |
|------------------------------------|----|
| 1 Wat is biologie? | 10 |
| 2 Organen, weefsels en cellen | 15 |
| 3 Plantaardige en dierlijke cellen | 21 |
| 4 Celorganellen | 27 |
| 5 Transport door membranen | 33 |
| 6 Natuurwetenschappelijk onderzoek | 45 |

SAMENHANG

Expeditie Spitsbergen 52

VERRIJKINGSSTOF

Wandzoekgedrag 
Leven in zout water 

PRACTICA

54

AFSLUITING

Samenvatting 62
Flitskaarten 
Oefentoets 

Examentrainer 66

▲ Opbouw van thema 1

EXAMENTRAINER

Je kunt het thema afsluiten met de 'Examentrainer'. De examentrainer helpt je niet alleen bij de voorbereiding op het examen, maar brengt ook verband aan tussen de verschillende thema's. Zo leer je de samenhang tussen begrippen en processen beter te zien.

EXTRA IN DIGITALE LEEROMGEVING

In de digitale leeromgeving vind je dezelfde onderdelen als in het boek. Daarnaast zijn er verrijkingsstoffen, Test Jezelfs, oefentoetsen, flitskaarten, de Versterk Jezelf en links naar actualiteiten. Deze onderdelen staan hierna beschreven.

VERRIJKINGSSTOF

De verrijkingsstoffen staan alleen online en bevatten extra stof bij het thema. Met de verrijkingsstoffen kun je extra kennis of vaardigheden opdoen, of oefenen op een meer uitdagend niveau.

TEST JEZELF EN OEFENTOETS



Je kunt elke basisstof afsluiten met Test Jezelf. Hierbij krijg je vragen om te testen of je de basisstof voldoende beheerst. Maak je een vraag fout, dan krijg je een herkansing. Haal je de score van 100%, dan weet je dat je de basisstof beheerst.



Met de Oefentoets kun je ook met een heel thema oefenen. Je kunt de Oefentoets zo vaak doen als je wilt.

FLITSKAARTEN



Met de flitskaarten kun je biologische begrippen leren op een leuke en interactieve manier. Hiermee kun je gemakkelijker een thema leren voor je proefwerk of examen.

VERSTERK JEZELF



De Versterk Jezelf helpt je om onderwerpen die je nog niet goed beheerst, te oefenen. Als je veel opgaven bij een bepaald onderwerp niet goed maakt, verschijnt er een uitnodiging op je scherm om de bijbehorende Versterk Jezelf te maken. Je kunt de Versterk Jezelf ook op een ander moment doen.

ACTUALITEIT



De knop 'Actualiteit' stuurt je door naar biologiefilmpjes.nl. Hier vind je filmpjes over biologie in de actualiteit.

TOELICHTING BIJ CONTEXTEN

In dit boek staan veel contexten. Contexten verbinden de leerstof. Ook kun je met contexten ontdekken welke rol biologie speelt in het dagelijks leven, in beroepen en in de wetenschap. Bij contexten staan opdrachten die je helpen om de leerstof toe te passen in een nieuwe omgeving. Dit is een goede voorbereiding op het examen. Sommige contexten staan in een opvallend oranje kader. Maar je zult ook zien dat veel opdrachten kleine contexten bevatten. In de contexten staat nooit nieuwe leerstof die je moet kennen voor het examen. Je hoeft contexten dus niet uit je hoofd te leren.

We wensen je veel plezier bij het werken met dit deel van *Biologie voor jou* en veel succes bij de voorbereiding op je examen.

De auteurs

Inhoud

THEMA 1

Inleiding in de biologie

ONTDEKKEN	
Eerst lachen, dan denken!	8
BASISSTOF	
1 Wat is biologie?	10
2 Organen, weefsels en cellen	15
3 Plantaardige en dierlijke cellen	21
4 Celorganellen	27
5 Transport door membranen	33
6 Natuurwetenschappelijk onderzoek	45
SAMENHANG	
Expeditie Spitsbergen	52
VERRIJKINGSSTOF	
Wandzoekgedrag	
Leven in zout water	
PRACTICA	54
AFSLUITING	
Samenvatting	62
Flitskaarten	
Oefentoets	
Examentrainer	66

THEMA 2

Voortplanting

ONTDEKKEN	
Een kwestie van leven en dood	70
BASISSTOF	
1 Ongeslachtelijke voortplanting	72
2 Geslachtelijke voortplanting	79
3 Hormonen	88
4 Zwanger	93
5 Seksualiteit	100
6 Soa's en geboorteregeling	106
SAMENHANG	
Waarom hebben we eigenlijk seks?	112
VERRIJKINGSSTOF	
Borstvoeding	
PRACTICA	114
AFSLUITING	
Samenvatting	116
Flitskaarten	
Oefentoets	

THEMA 3

Genetica**ONTDEKKEN**

Een gouden missie 122

BASISSTOF

- | | | |
|---|---------------------------------|-----|
| 1 | Fenotype en genotype | 124 |
| 2 | Genenparen | 129 |
| 3 | Monohybride kruisingen | 137 |
| 4 | Geslachtschromosomen | 145 |
| 5 | Speciale manieren van overerven | 152 |
| 6 | Opvoeding of aanleg | 158 |

SAMENHANG

Hoogtebestendige Tibetanen 161

VERRIJKINGSSTOF

Erfelijkheid in je familie 

PRACTICA

163

AFSLUITING

Samenvatting	165
Flitskaarten	
Oefentoets	

Examentrainer	168
Versterk Jezelf	

THEMA 4

Evolutie**ONTDEKKEN**

Antibiotica gezocht 172

BASISSTOF

- | | | |
|---|--------------------------------|-----|
| 1 | Indeling van de levende natuur | 174 |
| 2 | Prokaryoten | 180 |
| 3 | Eukaryoten | 185 |
| 4 | De evolutietheorie | 193 |
| 5 | Onderzoek naar evolutie | 197 |
| 6 | Evolutie in populaties | 204 |
| 7 | Ontstaan van soorten | 209 |

SAMENHANG

Met melkvee meer mutanten 212

VERRIJKINGSSTOF

Leren en werken 

PRACTICA

214

AFSLUITING

Samenvatting	218
Flitskaarten	
Oefentoets	

Examentrainer	220
Versterk Jezelf	

BIOLOGIE OLYMPIADE OPDRACHTEN  222

REGISTER 226

COLOFON 229

1

Inleiding in de biologie

Dit eerste thema is een inleiding over wat je van biologie kunt verwachten en geeft voorbeelden van de rol die biologie speelt in het dagelijkse leven. In de biologie bestudeer je organismen op verschillende niveaus. De cellen waaruit organismen bestaan, ga je met een microscoop bekijken en daarna tekenen. Je leert over de bouw en functie van celorganellen en je bestudeert hoe cellen stoffen kunnen uitwisselen met hun omgeving. Ook leer je om zelf een natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren en daarvan een verslag te maken.

ONTDEKKEN

Eerst lachen, dan denken! 8

BASISSTOF

- | | |
|------------------------------------|----|
| 1 Wat is biologie? | 10 |
| 2 Organen, weefsels en cellen | 15 |
| 3 Plantaardige en dierlijke cellen | 21 |
| 4 Celorganellen | 27 |
| 5 Transport door membranen | 33 |
| 6 Natuurwetenschappelijk onderzoek | 45 |

SAMENHANG

Expeditie Spitsbergen 52

PRACTICA

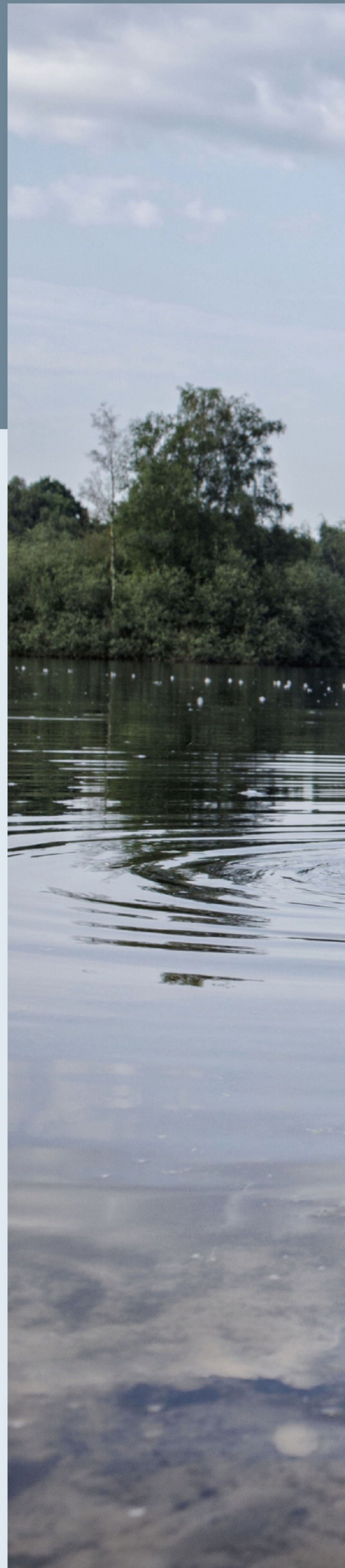
54

SAMENVATTING

62

EXAMENTRAINER

66







Ig Nobelprijswinnaar David Hu ontvangt in 2015 zijn prijs.

Eerst lachen, dan denken!

►► BASISSTOF 6

Ieder jaar, één week voor de bekendmaking van de echte Nobelprijs worden de Ig Nobelprijzen uitgereikt. Ig komt van Ignoble dat eerloos of onnozel betekent. De prijs is een parodie op de Nobelprijs.

De chaotische en vrolijke ceremonie van de Ig Nobelprijzen vindt ieder jaar plaats op de universiteit van Harvard. Echte Nobelprijswinnaars reiken de prijzen uit en de winnaars krijgen één minuut om hun onderzoek toe te lichten. Als ze over die minuut heen gaan, valt een opdringerig 8-jarig meisje in de rede met de woorden: ‘stop alstublieft, ik verveel me.’

Regelmatig winnen Nederlanders de Ig Nobelprijs, zoals Andre Geim. Hij is de enige wetenschapper die tot nu toe zowel de Ig Nobelprijs als de echte Nobelprijs voor natuurkunde won. De Ig Nobelprijs won hij door een levende kikker in een magneetveld te laten zweven.

Bij de ‘echte’ Nobelprijs zijn verschillende vaste categorieën: de Nobelprijs voor geneeskunde, scheikunde, natuurkunde, literatuur, economie en vrede. Ook bij de Ig Nobelprijs zijn verschillende categorieën, maar deze verschillen ieder jaar.

In 2015 ontving David Hu de Ig Nobelprijs voor Natuurkunde met ‘de wet van urineren.’ Uit het onderzoek bleek dat bijna

alle zoogdieren, of het nou om een konijn of een olifant gaat, ongeveer 21 seconden doen over een plas. In 2006 werden Bart Knols en Ruurd de Jong opgenomen in het bijzondere gezelschap van de prijswinnaars. Zijn ze eigenlijk blij met deze prijs? In *Resource*, een magazine voor studenten en docenten van Wageningen UR (2006) zegt Bart Knols hierover: ‘Om eerlijk te zijn wist ik niet eens dat hij bestond. Toen ik van de toekenning hoorde heb ik me er in verdiept en ik vind het een prachtige prijs, waar ik heel trots op ben.’ Het is vooral het achterliggende idee ‘wetenschap die je eerst laat lachen en daarna doet nadenken,’ dat Knols aanspreekt. ‘Dat haringen via scheten communiceren is natuurlijk lachwekkend, maar ook reuze-interessant. Hoe meer ik over de prijs las, hoe verbaasder ik was dat we hem niet eerder hebben gekregen.’

De prijzen lijken naar de meest nutteloze onderzoeken van het jaar te gaan. Maar dat is niet het geval! Doordat de winnende onderzoeken grappig en laagdrempelig zijn, raken meer mensen geïnteresseerd in het onderzoeksonderwerp en wetenschap in het algemeen.

▼ **Afb. 1** Het publiek gooit bij de Ig Nobelprijsceremonie regelmatig zelfgemaakte papieren vliegtuigjes naar het podium.



Kaas, zweet en malariamuggen

Malariaonderzoeker Bart Knols weet het als geen ander: de geur van zweetvoeten en Limburgse kaas is hardnekkig. Toen hij in 1996 bekendmaakte dat je daarmee uitstekend malariamuggen kunt lokken, was hij een week lang het slachtoffer van een zwerm persmusketen.

‘Limburgse kaas als malariamuggenval’

Tien jaar later krijgen Knols en De Jong de Ig Nobelprijs voor het aantonen dat vrouwelijke malariamuggen even sterk door de lucht van zweetvoeten als door de lucht van Limburgse kaas worden aangetrokken.

Knols verontschuldigde zich tegenover zijn vrouw omdat hij haar tijdens het onderzoek als proefpersoon naakt liet steken door muggen.

Naar: Knols en zijn tenenkaas/Lachen mag, *Resource*, Universiteit Wageningen, 5 oktober 2006.

▼ **Afb. 2** Bart Knols.



opdrachten

- 1 Jij bent een wetenschapsjournalist en maakt deel uit van de redactie van *Resource*. Jullie schrijven een artikel over het onderzoek van Knols en De Jong.
 - a In tweetallen beginnen jullie eerst met een vooronderzoek naar de ziekte malaria. Je kunt je afvragen:
 - Wat is malaria?
 - Waar komt het voor?
 - Hoe wordt malaria overgebracht?
 - Welke behandelingen zijn er als je de ziekte oploopt?
 - b Hoe kwamen de onderzoekers op het idee om dit te gaan onderzoeken? Welke onderzoeksvraag hadden de onderzoekers voor dit malariamug-onderzoek? Wat zou hun hypothese geweest kunnen zijn? Hoe zou het experiment eruit kunnen zien? Beantwoord met je redactiecollega's de vragen en gebruik hierbij een onderzoekstabel (zie afbeelding 60 op bladzijde 49).
 - c Voor het malariamugonderzoek is geld nodig. Om onderzoek gefinancierd te krijgen, is het belangrijk dat het onderzoek maatschappelijk relevant is. Voor wie zou dit malariaonderzoek relevant kunnen zijn?
 - d Schrijf nu het artikel van maximaal vijfhonderd woorden.
- 2 De redactie gaat zelf een Ig Nobelprijsceremonie organiseren!
 - a Bedenk in viertallen een grappig onderzoek en formuleer de onderzoeksvraag. Jullie kunnen ook een onderzoeksvraag van vorige Ig Nobelprijswinnaars kiezen.
 - b Schrijf daarna een onderzoeksvoorstel. Beschrijf hierin:
 - Waarom willen jullie dit onderzoek doen?
 - Wat hopen jullie er mee te kunnen bewijzen?
 - Wat is de maatschappelijke relevantie?
 - Hoe gaan jullie het onderzoeken?
 - c Presenteer het onderzoeksvoorstel in tweetallen gedurende 60 seconden aan de klas. De presentatie die na afloop de meeste vliegtuigjes heeft ontvangen wint!

Leerdoelen

- Je kunt beschrijven wat biologie is en uitleggen op welke gebieden biologie een rol speelt.
- Je kunt de levenscyclus van dieren beschrijven.
- Je kunt de organisatieniveaus van de biologie benoemen en uitleggen dat op elk hoger organisatieniveau emergente eigenschappen ontstaan.

1 Wat is biologie?

Een kever en een tulp zijn levend, een steen en water niet. Wat is leven nu precies? Hoe omschrijf je wat levende dingen onderscheidt van niet levende dingen?

ORGANISMEN

In de biologie bestudeer je **organismen**. Organismen zijn levende wezens zoals planten, dieren, schimmels en bacteriën. Alle levende organismen vertonen **levensverschijnselen**, zoals voortplanten, groeien, ontwikkelen en stofwisseling. Met **stofwisseling** worden alle chemische (scheikundige) reacties in een organisme bedoeld. Bij deze reacties spelen **enzymen** een belangrijke rol. Enzymen zijn eiwitten die de chemische reacties van stofwisselingsprocessen versnellen. Dit heet **katalyseren**.

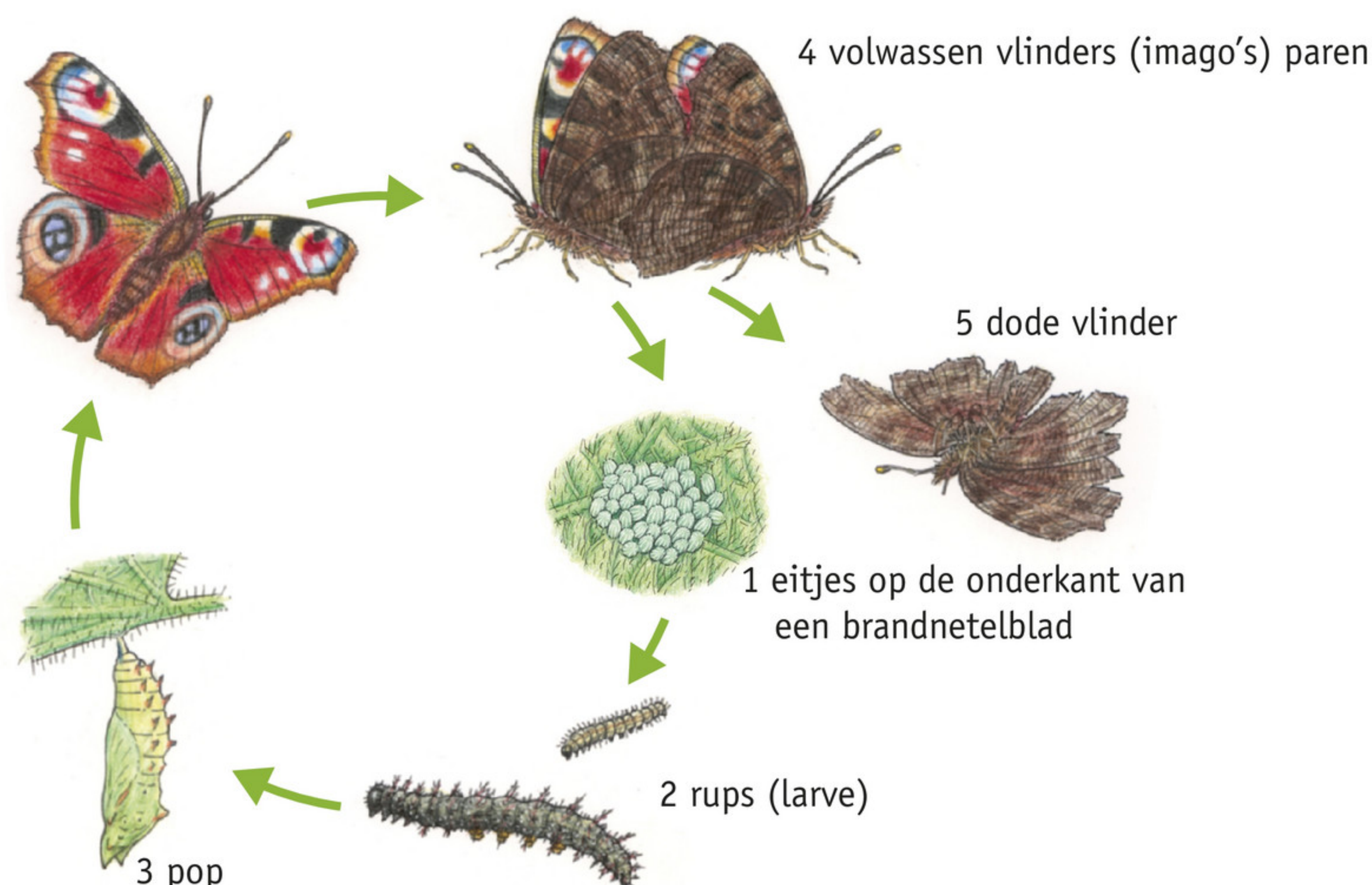
Als een organisme geen levensverschijnselen meer vertoont, noem je het **dood**. Dingen in de natuur die nooit hebben geleefd, noem je **levenloos**, bijvoorbeeld water, zuurstof, koolstofdioxide en gesteenten.

DE LEVENSCYCLUS VAN ORGANISMEN

Elk individueel organisme of **individu** heeft een unieke levensloop. De **levensloop** begint direct na het ontstaan van het organisme. Vanaf dat moment begint een organisme met groeien en **ontwikkelen**. Wanneer een organisme zich ontwikkelt, treden er veranderingen op in de bouw en het functioneren van het organisme of van bepaalde delen ervan. Je kunt een levensloop daardoor verdelen in verschillende fasen of stadia. Dat zijn duidelijk te onderscheiden perioden in het leven van een organisme. De levensloop eindigt met de dood van het individu. Soms gaat een organisme dood en heeft het niet alle fasen van de levensloop doorgemaakt.

Individen behoren tot dezelfde **soort** als zij zich onderling kunnen voortplanten en daarbij vruchtbare nakomelingen kunnen voortbrengen. Alle individuen van een soort doorlopen tijdens hun levensloop dezelfde stadia. Hoewel de individuen van een soort sterven, blijft de soort voortbestaan. Dit noem je de **levenscyclus** van een soort (zie afbeelding 1). De levenscyclus eindigt alleen als de soort uitsterft.

► **Afb. 1** De fasen van de levenscyclus van de soort dagpauwoog.

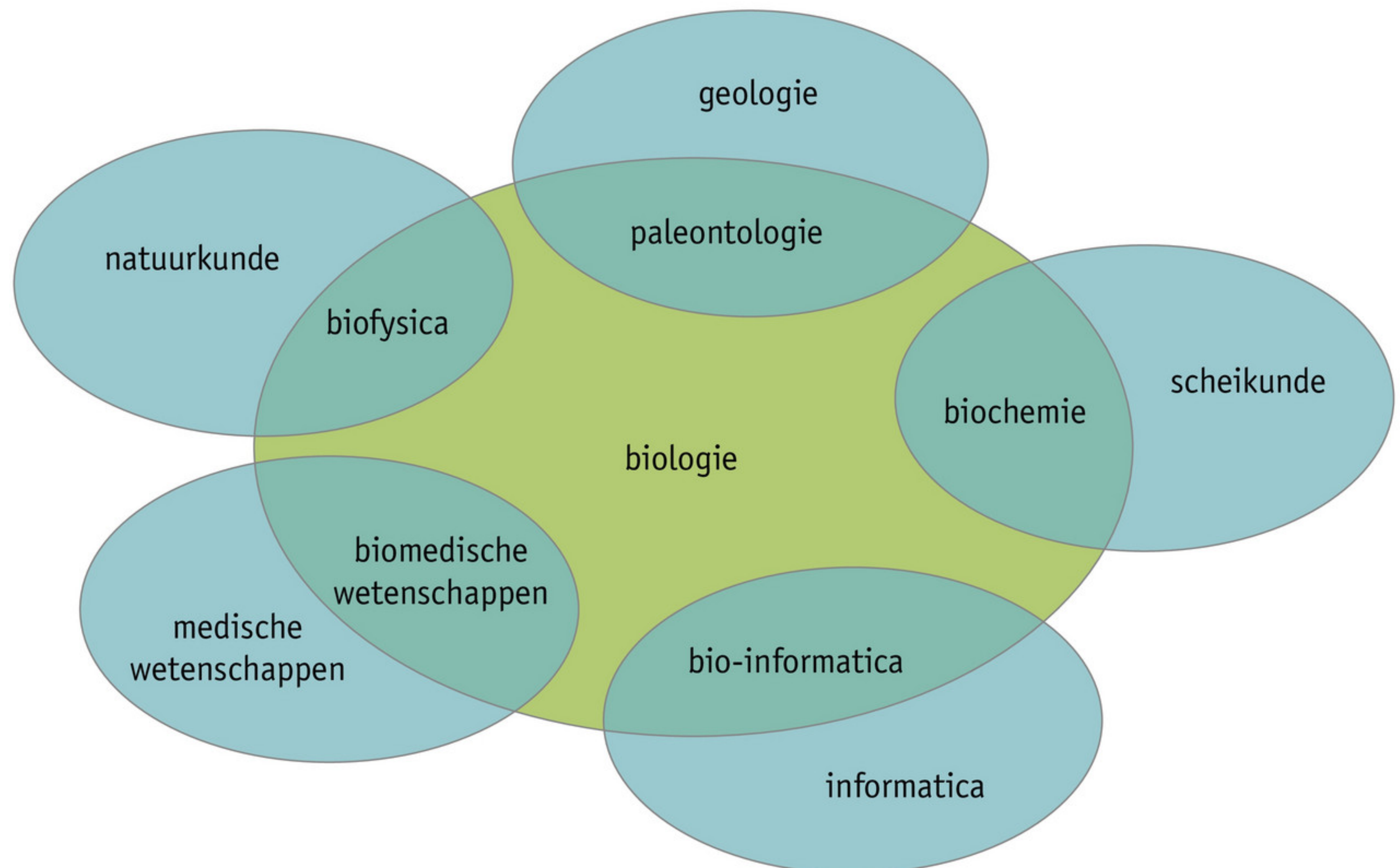


BIOLOGIE EN ANDERE WETENSCHAPPEN

Biologie is een van de **natuurwetenschappen**. In de natuurwetenschappen bestuderen wetenschappers natuurverschijnselen. Andere natuurwetenschappen zijn onder andere scheikunde, natuurkunde en geologie. Tussen biologie en deze natuurwetenschappen bestaan overgangsgebieden, zoals biochemie, biofysica en paleontologie (zie afbeelding 2).

Ook tussen biologie en andere wetenschappen bestaan overgangsgebieden. Bio-informatica bijvoorbeeld is een overgangsgebied tussen biologie en informatica, dat steeds belangrijker is voor wetenschappelijk onderzoek. Al deze (natuur) wetenschappen hebben bijgedragen aan de kennis van het leven die we nu hebben.

► **Afb. 2** Overgangsgebieden tussen de biologie en enkele andere wetenschappen.



BIOLOGIE VANDAAG EN MORGEN

De afgelopen eeuwen, en vooral de laatste honderd jaar, is het inzicht in de bouw en het functioneren van organismen sterk gegroeid. Dit komt door een enorme groei van het aantal natuurwetenschappers en de revolutionaire ontwikkeling van biologische technieken. Bij belangrijke vraagstukken over de toekomst van voeding en voedselzekerheid, gezondheid, duurzame ontwikkeling, energie en veiligheid, is kennis over en inzicht in biologische processen en systemen steeds relevanter. Onderwerpen die met het vak biologie te maken hebben, kom je overal tegen: in de leefwereld om je heen, in de beroepspraktijk en in wetenschappelijk onderzoek. Een situatie waarin biologie een rol speelt, is een **context** voor het vak biologie. Bijvoorbeeld wanneer kwallen voor problemen zorgen bij een kernreactor. Dat is een voorbeeld van biologie in een context.

opdrachten

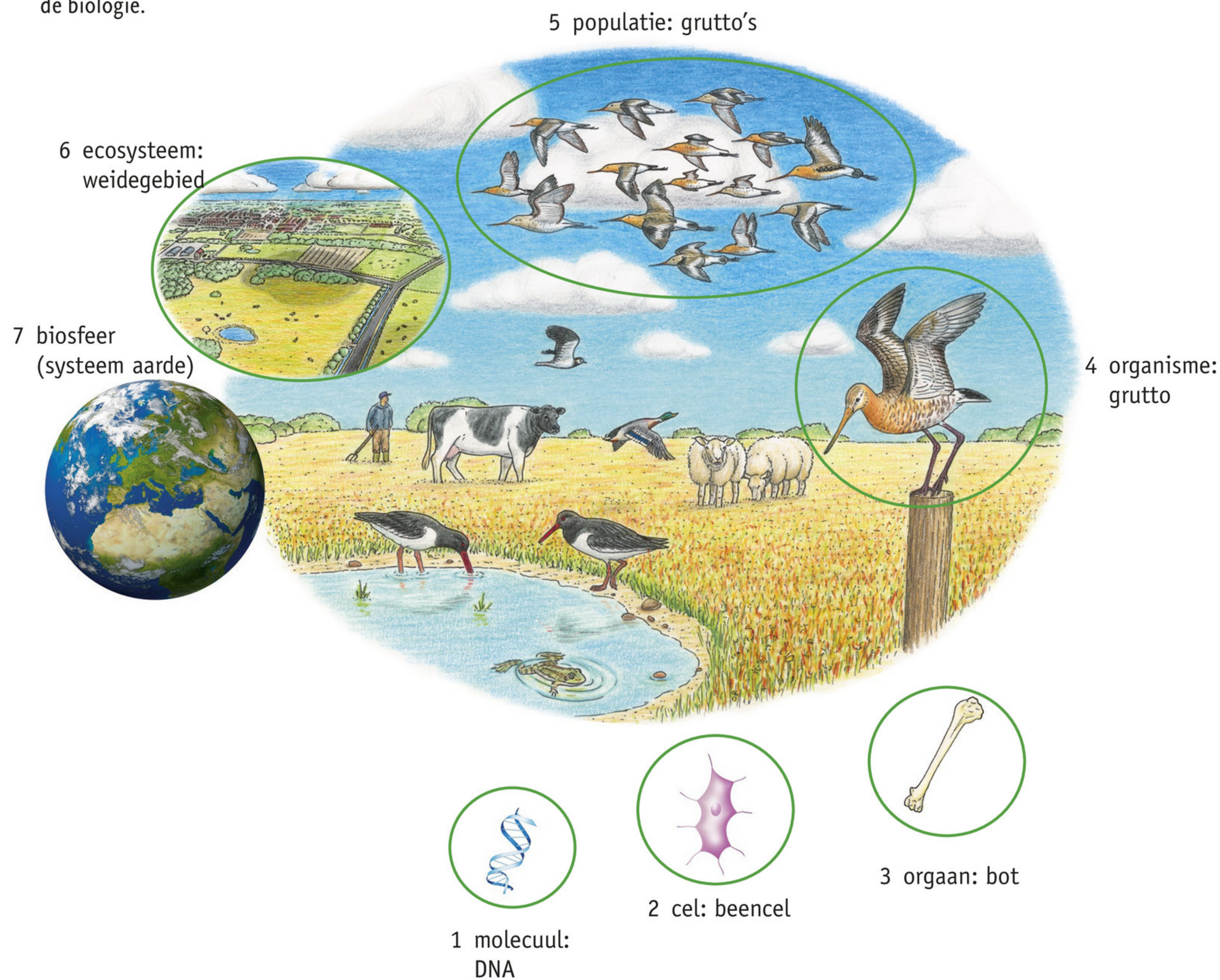
- 1
 - a Leg uit waarom bij een soort sprake is van een levenscyclus.
 - b Leg uit waarom bij een individu sprake is van een levensloop.
- 2
 - In afbeelding 1 zie je de levenscyclus van de dagpauwoog.
 - a Tijdens welke fase van de levensloop van een dagpauwoog neemt het lichaamsgewicht het meest toe?
 - b Welke verandering in bouw ondergaat een dagpauwoog tijdens fase 3 van zijn levensloop?
 - c Leg uit dat de dagpauwoog na fase 3 anders gaat functioneren.

- 3 De hbo-opleidingen Bio-informatica en Biologie & Medisch Laboratoriumonderzoek combineren de kennis van biologie en een andere (natuur)wetenschap.
- a Met welke (natuur)wetenschappen wordt biologie gecombineerd bij deze opleidingen? Gebruik hierbij informatie op internet.
- b Wat leer je bij deze hbo-opleidingen? Gebruik hierbij informatie op internet.

ORGANISATIENIVEAUS IN DE BIOLOGIE

Organismen zijn georganiseerd in **biologische eenheden** (zie afbeelding 3). De kleinste biologische eenheid is een **molecuul**. Moleculen zijn de bouwstenen van stoffen. Een belangrijk molecuul in organismen is **DNA**. Dit bevat de erfelijke informatie van een organisme.

▼ **Afb. 3** Organisationsniveaus van de biologie.



Een **cel** is een grotere biologische eenheid en een hoger organisatieniveau dan een molecuul. Veel verschillende cellen bij elkaar die samenwerken, vormen samen een **orgaan**. Een orgaan is een deel van een organisme met een specifieke bouw en functie. Je hart, je oog en je hersenen zijn organen. Nog complexer is een **organisme**. Een organisme zoals de grutto is meercellig. Eenvoudige organismen zoals bacteriën bestaan uit slechts één cel. Organismen behoren tot een **populatie**. Zo noem je een groep individuen van dezelfde soort dat in een bepaald gebied leeft en zich onderling voortplant. Populaties leven in een **ecosysteem**. Dat is een min of meer begrepsd gebied met bepaalde eigenschappen. Zowel de levende als de niet-levende natuur in dat gebied maken deel uit van het

ecosysteem. Tot de levende natuur in een ecosysteem behoren alle organismen in dit gebied. Tot de niet-levende natuur in een ecosysteem behoren bijvoorbeeld de temperatuur en de hoeveelheid zonlicht. Voorbeelden van ecosystemen zijn een weidegebied, een bos, een sloot of een koraalrif. Het geheel aan ecosystemen op aarde vormt de **biosfeer** of het **systeem aarde**.

Als er op een hoger organisatieniveau een nieuwe eigenschap ontstaat die er op het lagere organisatieniveau niet is, noem je dat een **emergente eigenschap**. ‘Emergent’ is afgeleid van het Engelse werkwoord to emerge (tevoorschijn komen). Een cel bestaat bijvoorbeeld uit veel moleculen. Eén enkel molecuul van een cel leeft niet. Maar **interactie** tussen alle moleculen levert wel een levende cel op. Interactie betekent op elkaar reageren. De moleculen van een cel reageren ook op invloeden uit de omgeving. Door interactie van organen zoals spieren, zenuwen, ogen, beenderen, hersenen en bloedvaten verschijnt op het hogere organisatieniveau organisme de emergente eigenschap ‘lopen’. De genoemde organen kunnen niet zelfstandig lopen. Daarvoor is samenwerking nodig tussen de biologische eenheden van de verschillende organisatieniveaus.

opdrachten

- 4 Sommige biologen beschouwen het begrip ‘soort’ als een organisatieniveau van de biologie.
Na welk lager organisatieniveau kan het begrip ‘soort’ worden geplaatst?
- 5 De uitstoot van gassen door auto’s is één van de oorzaken van het versterkte broeikaseffect.
Op welk organisatieniveau speelt dit milieuprobleem zich af? Leg je antwoord uit.
- 6 a Op welk organisatieniveau in afbeelding 3 ontstaat de eigenschap ‘kunnen vliegen’?
b Op welk organisatieniveau ontstaat het levensverschijnsel ‘voortplanten’ als emergente eigenschap?

CONTEXT

Leefwereld

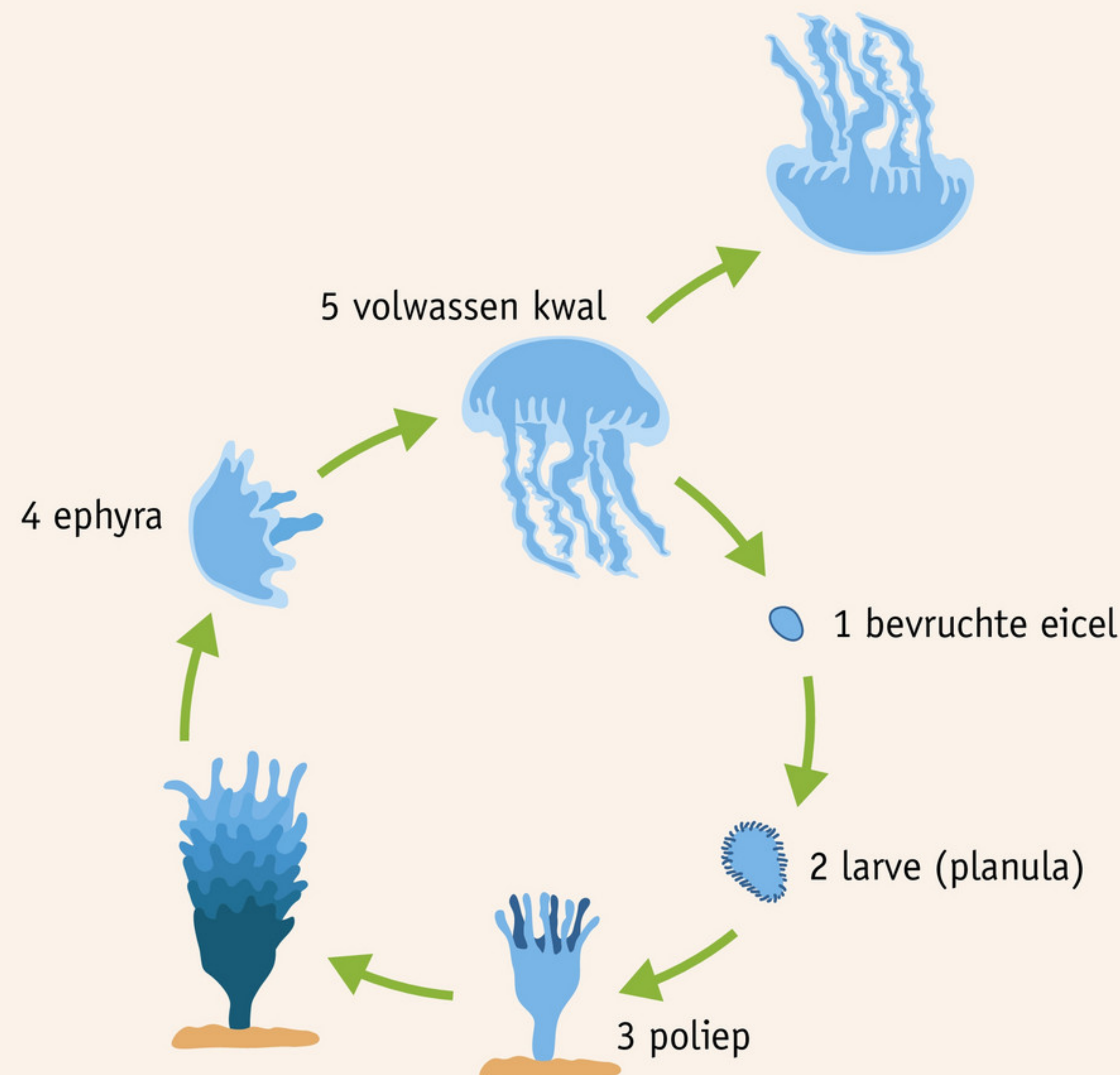
Oorkwallen leggen kernreactor stil

Een Zweedse kernreactor aan de Baltische Zee is tijdelijk stilgelegd vanwege een school oorkwallen (*Aurelia aurita*) die de toevoer van koelwater blokkeert. Een aantal jaren geleden kampte de kernreactor al eens met hetzelfde probleem. Er kan geen koud water naar de reactor worden gepompt dat nodig is om de reactor en turbines af te koelen.

Ook voor vissers is deze kwallenbloei een probleem. Wanneer er veel kwallen in de visnetten terechtkomen, kunnen de netten scheuren. Bovendien eten de kwallen hetzelfde voedsel als sommige vissoorten en ze eten de viseitjes en vislarven.

Door in te grijpen in de levenscyclus van de oorkwal (zie afbeelding 4) kan kwallenbloei worden bestreden. De levenscyclus van de oorkwal begint als uit zaadcellen en eicellen van volwassen oorkwallen een bevruchte eicel ontstaat. Hieruit groeit een vrijzwemmende larve. De larve zoekt een geschikte plek uit op de bodem in niet al te diep water en zet zichzelf vast als een poliep. De poliep groeit en kopieert zichzelf steeds totdat na enige tijd de kopieën als schijfvormige afsnoeringen (ephyra) loslaten. Hieruit groeien volwassen vrijzwemmende kwallen. Dit proces start in de winter. De oorkwallen maken bepaalde eiwitten aan die er in het voorjaar voor zorgen dat de ephyra loslaten en uitgroeien tot kwalletjes.

► **Afb. 4** De levenscyclus van een oorkwal.



opdrachten

- 7
 - a Tijdens welke fase van de levensloop van een oorkwal neemt het lichaamsgewicht het meest toe?
 - b Een oorkwal verandert tijdens zijn leven van een larve in een poliep. Hoe verandert het functioneren van een oorkwal tijdens dit deel van zijn levensloop?
 - c Hoe verandert het functioneren van een oorkwal tijdens zijn levensloop als hij van een schijf aan een poliep in een kwal verandert?
- 8
 - a Kwallen eten hetzelfde voedsel als sommige vissoorten. Welke gevolgen heeft dit voor deze vissoorten?
 - b Kwallen eten viseitjes en vislarven op. Welke gevolgen heeft dit voor de populaties vissen in perioden van kwallenbloei?
- 9
 - a De overlevingskansen van oorkwallen nemen toe wanneer ze in het voorjaar van poliepen in kwallen veranderen. Hoe kun je dit verklaren?
 - b Eiwitten zorgen ervoor dat poliepen in kwallen veranderen. Wetenschappers kunnen die eiwitten in een laboratorium namaken en gebruiken om kwallenbloei te voorkomen. Op welk moment van het jaar kunnen ze deze eiwitten gebruiken?

Leerdoelen

- Je kunt orgaanstelsels, organen, weefsels en cellen bij een mens herkennen en hun kenmerken en functies beschrijven.
- Je kunt beschrijven dat groepen cellen in een weefsel, orgaan of orgaanstelsel een gezamenlijke functie uitoefenen.
- Je kunt bij (delen van) organismen het verband aangeven tussen vorm en functie.

2 Organen, weefsels en cellen

Stel dat je naar de aarde kijkt en steeds verder kunt inzoomen. Wanneer je uitkomt bij een mens, zoom je nog verder in op het lichaam. Wat ga je dan zien?

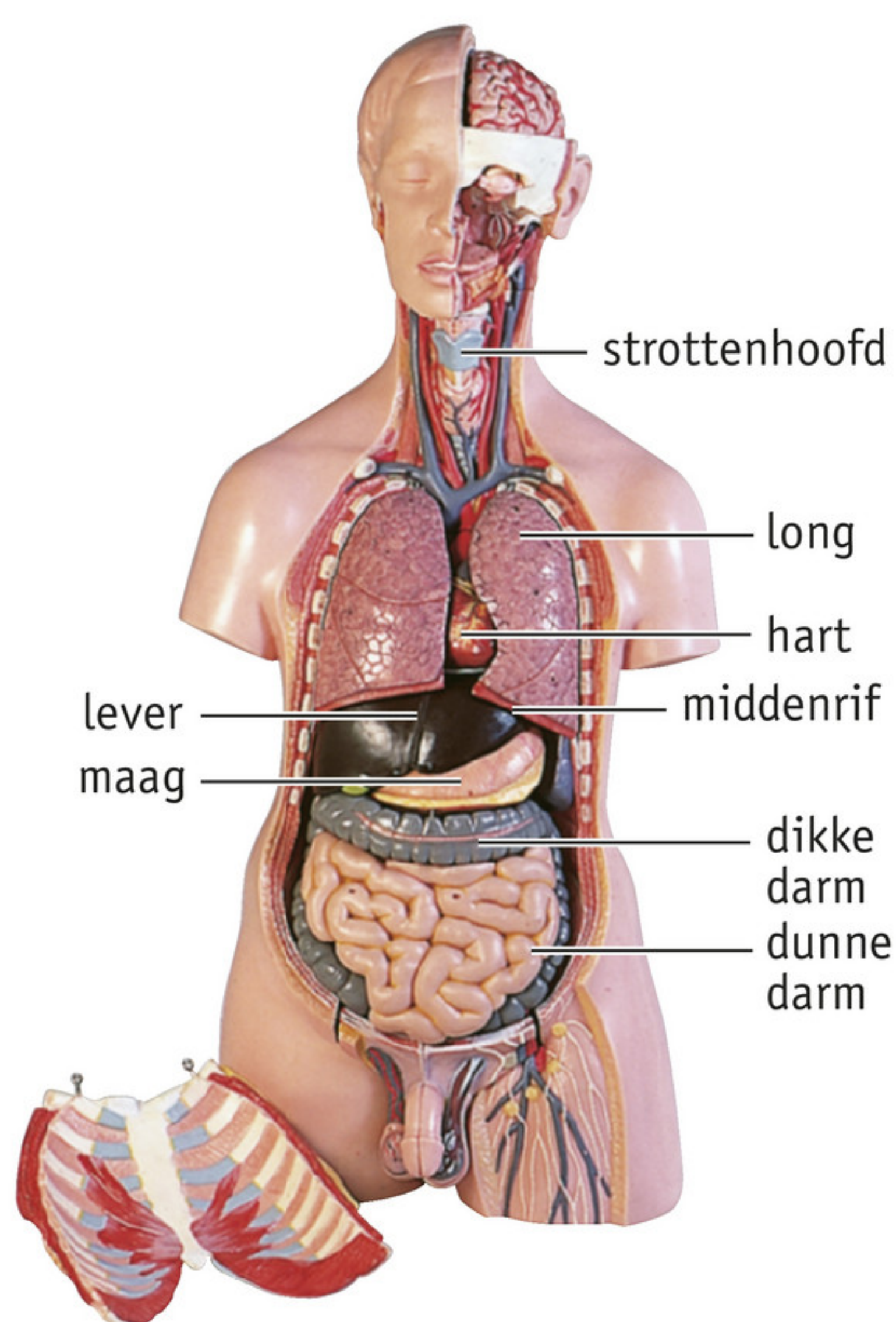
ORGAANSTELSELS MET ORGANEN

Een **orgaanstelsel** bestaat uit een aantal organen. Deze organen oefenen samen een bepaalde functie uit. Voorbeelden van orgaanstelsels zijn het verteringsstelsel, het ademhalingsstelsel en het bloedvatstelsel. In afbeelding 5 zie je een torso van een man waarbij de ribben zijn weggenomen. Van verschillende organen is de naam aangegeven. Het middenrif scheidt de romp in de borstholte en de buikholte.

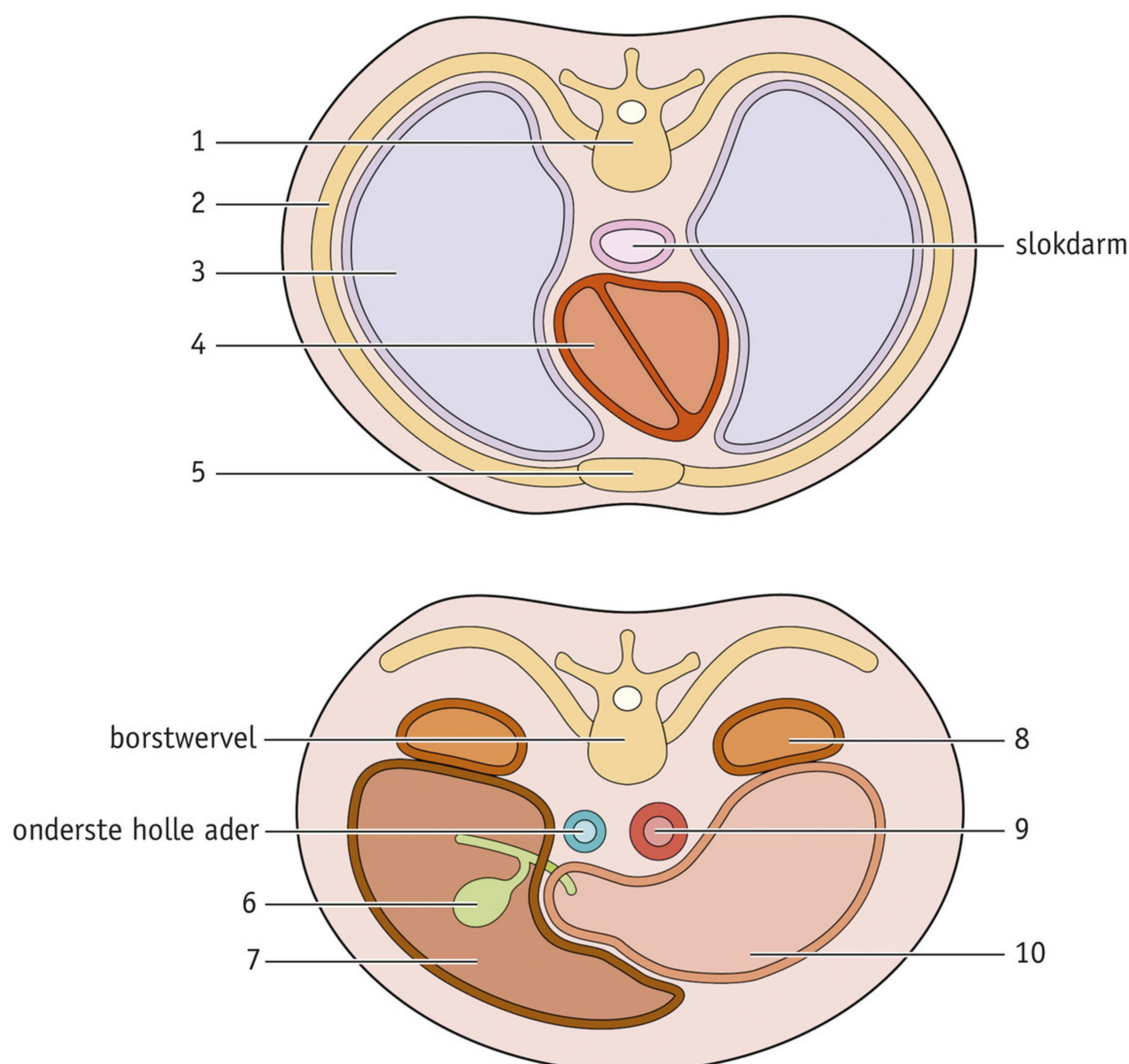
opdrachten

- 10** Afbeelding 5 laat de torso van een man zien.
- Welke organen in afbeelding 5 horen bij het verteringsstelsel?
 - Bij welk orgaanstelsel hoort het hart?
- 11 a** In afbeelding 6 zijn twee dwarsdoorsneden van de romp van de mens schematisch getekend.
Noteer de namen van de genummerde organen.
- Tot welk orgaanstelsel behoren de nummers 1 en 2?

▼ **Afb. 5** Torso van een man.



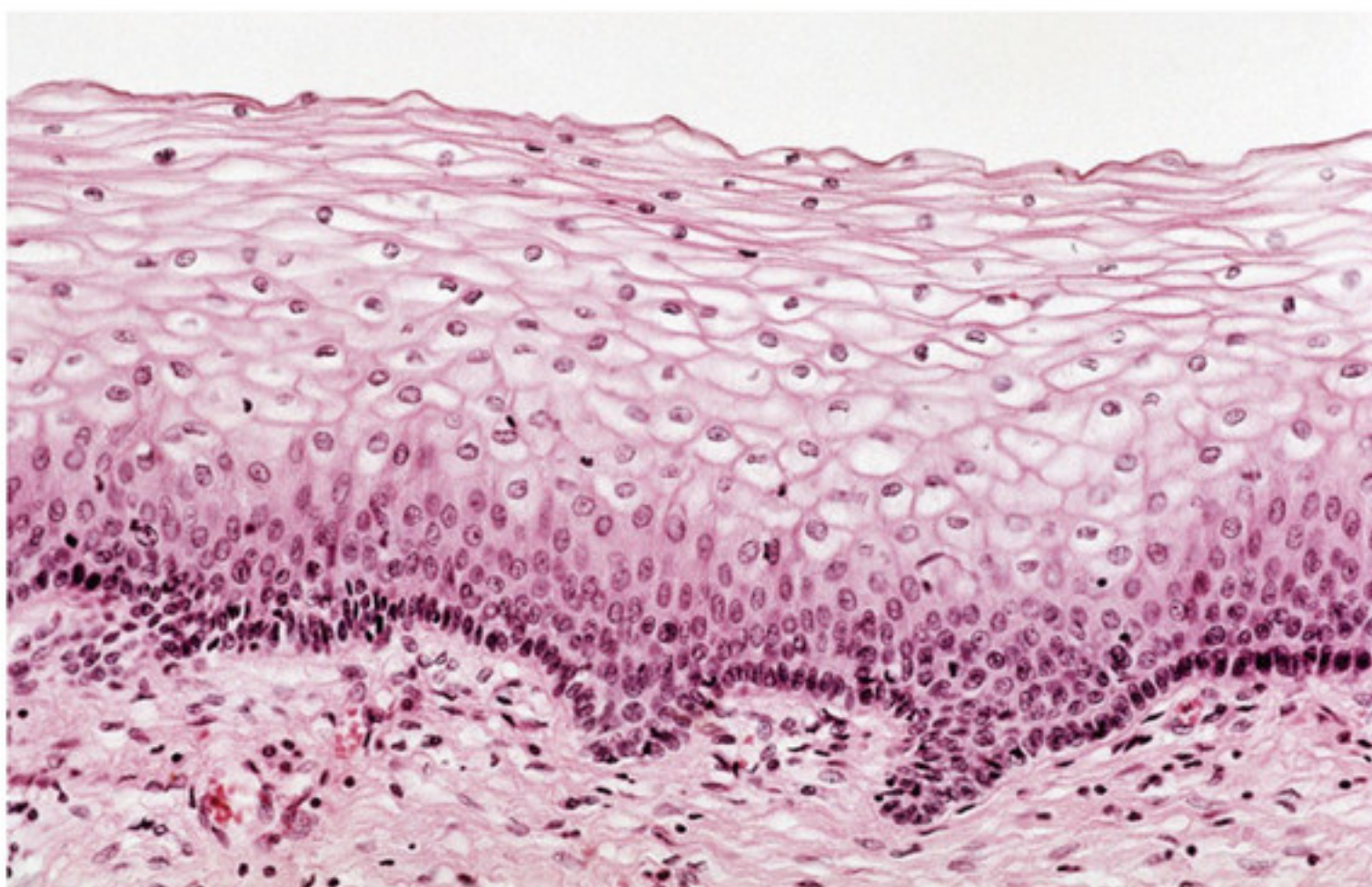
▼ **Afb. 6** Dwarsdoorsneden van de romp van een mens (schematisch).



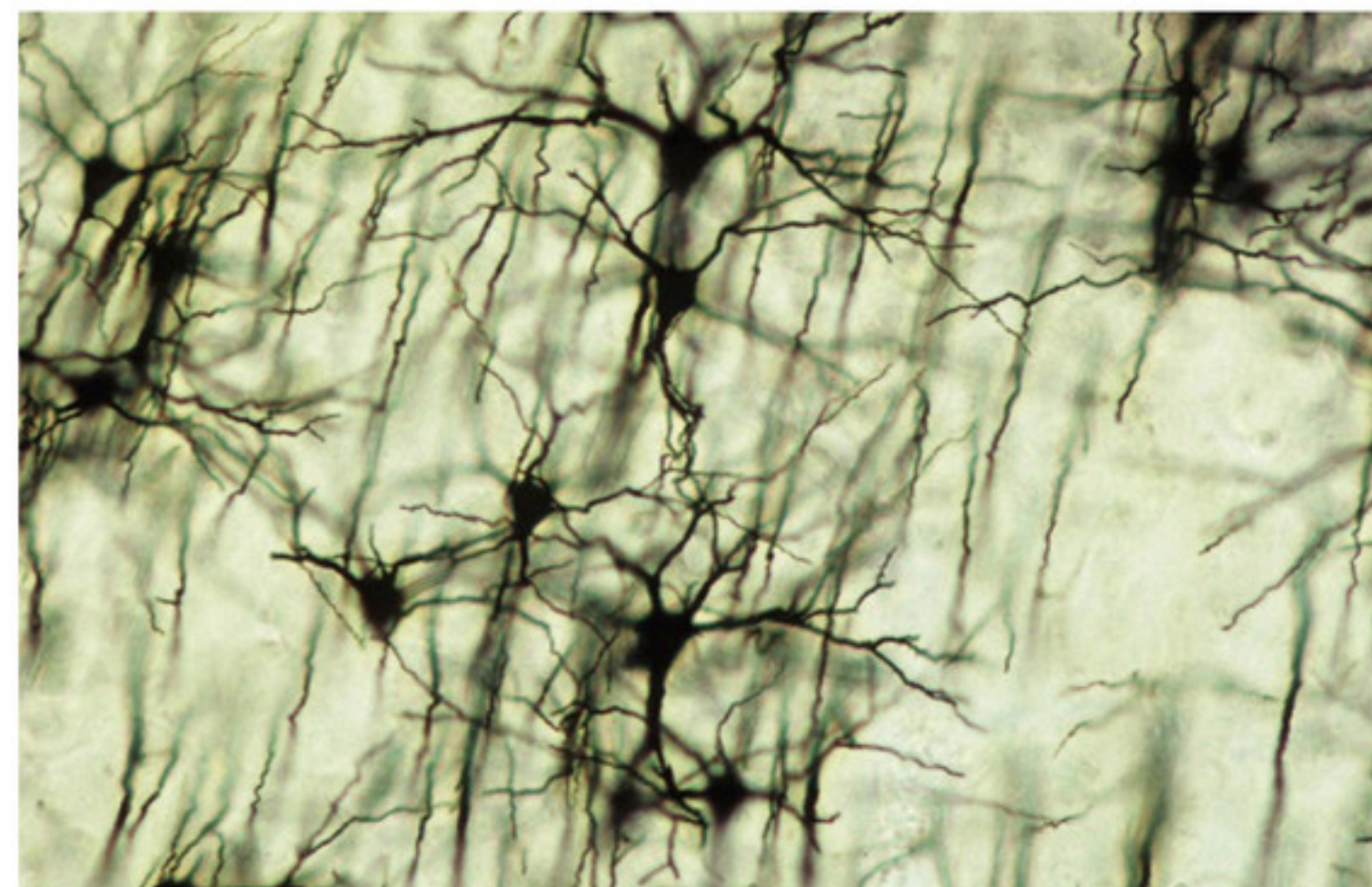
WEEFSELS

Organen zijn opgebouwd uit weefsels. Bij meercellige organismen ontstaan bij de ontwikkeling verschillende typen cellen, zoals spiercellen, zenuwcellen en beencellen. Deze cellen hebben allemaal een andere vorm en een andere functie. Een groep cellen met dezelfde vorm en functie noem je een **weefsel**. In je lichaam komen verschillende soorten weefsels voor. In afbeelding 7 zie je daar voorbeelden van. Van elk soort weefsel bestaan verschillende typen. De vorm van de cellen in een weefsel hangt nauw samen met de functie.

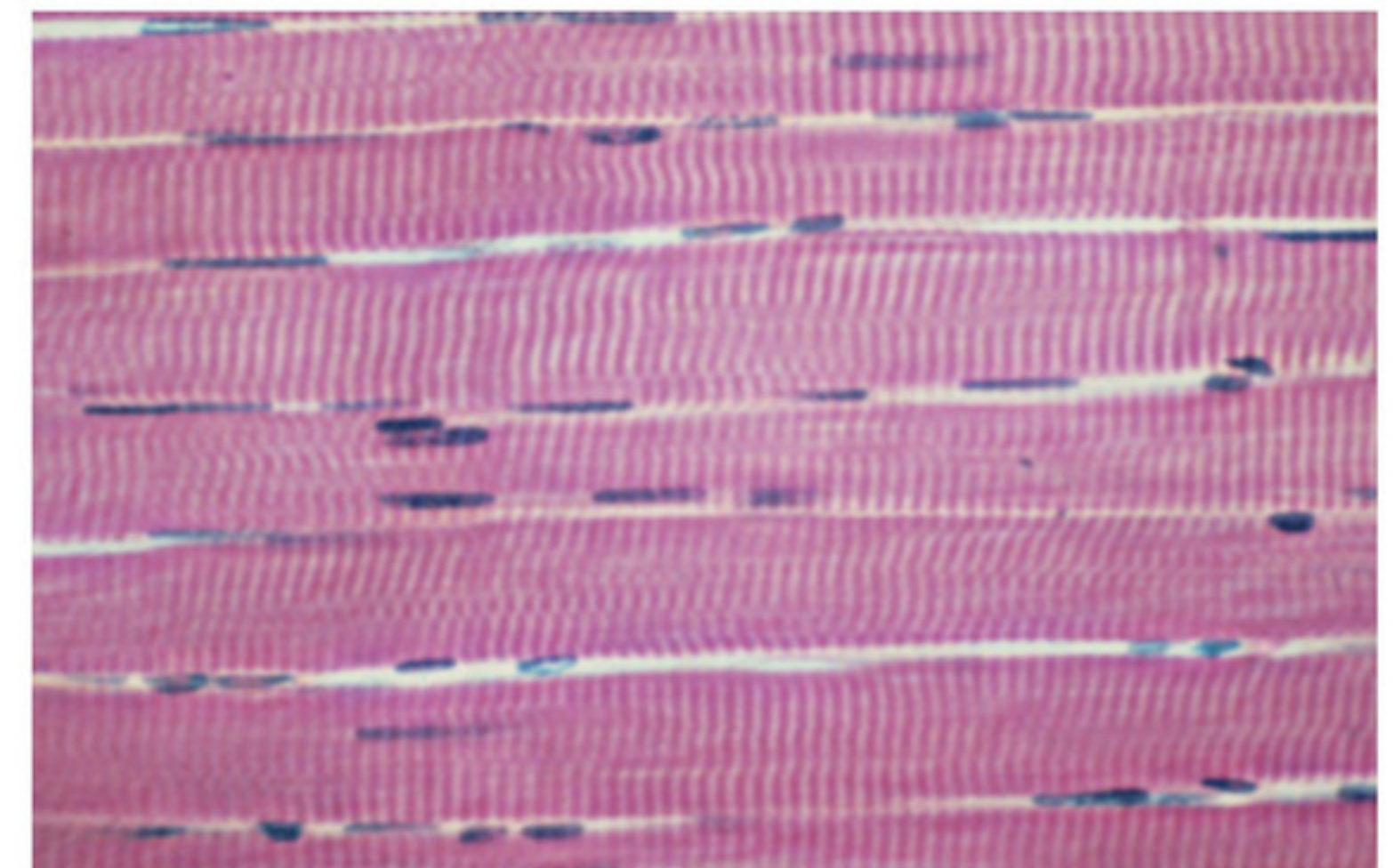
▼ **Afb. 7** Drie soorten weefsels.



1 dekweefsel (epitheel)



2 zenuwweefsel



3 spierweefsel

Op verschillende plaatsen in je lichaam komt **dekweefsel** (epitheel) voor. Dit weefsel bekleedt en beschermt inwendige en uitwendige lichaamsoppervlakten. Holle organen zoals de longen en het darmkanaal zijn bekleed met dekweefsel dat slijmvlies wordt genoemd. De bovenste laag van je huid is een ander type dekweefsel. Alle typen dekweefsels hebben gemeenschappelijke kenmerken. De cellen zijn vaak rechthoekig en liggen heel dicht tegen elkaar.

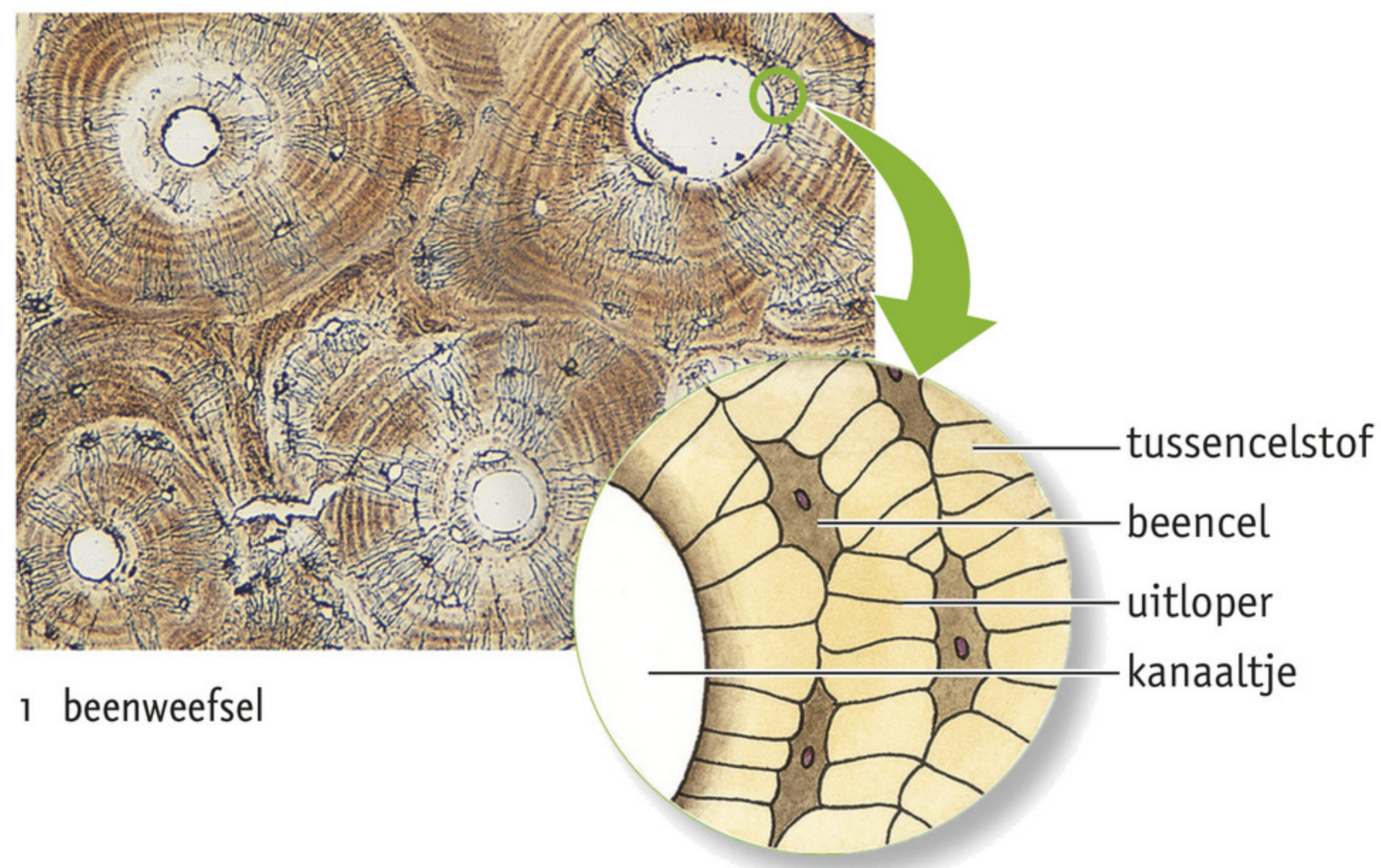
Zenuwweefsel vind je in de organen van je zenuwstelsel: in je hersenen, je ruggenmerg en je zenuwen. De zenuwcellen in zenuwweefsel geven informatie door. Daarvoor bezitten zenuwcellen sterk vertakte uitlopers die een netwerk vormen. **Spierweefsel** bestaat uit langgerekte cellen die kunnen samentrekken en zo beweging mogelijk maken.

TUSSENCELSTOF

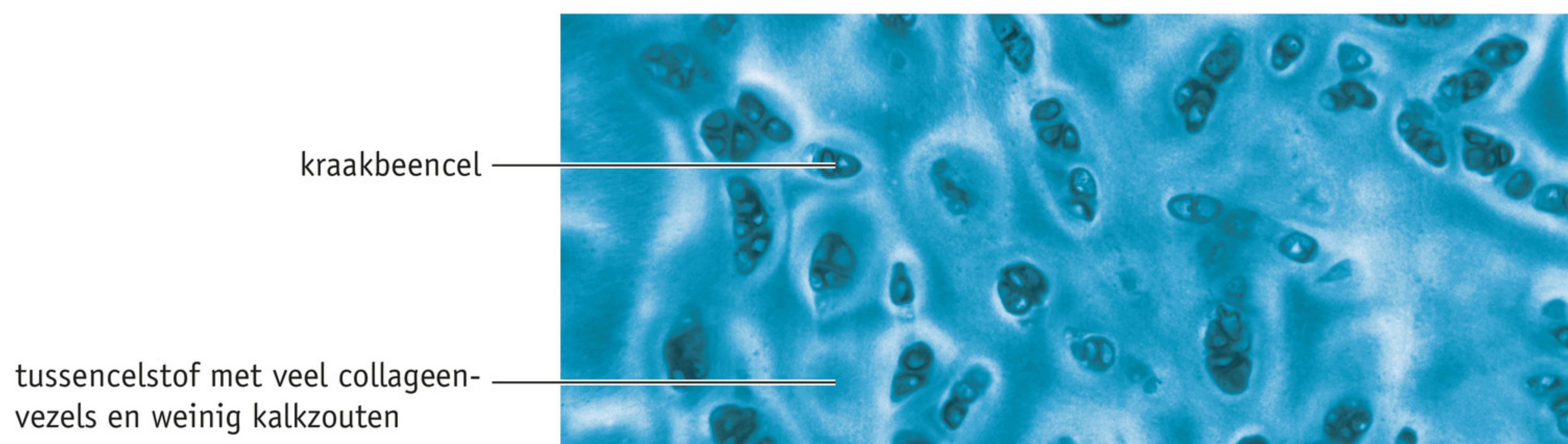
Bij veel weefsels liggen de cellen niet direct tegen elkaar aan, maar komt **tussencelstof** voor. Het soort tussencelstof hangt samen met de functie van het weefsel. De tussencelstof kan bijvoorbeeld dienen ter versteviging. De celwand bij planten is tussencelstof en geeft de cel stevigheid. In beenweefsel (zie afbeelding 8.1) bevinden zich tussen de cellen kalkzouten en collageenvezels. De kalkzouten geven stevigheid aan beenweefsel. Collageenvezels zijn lijmvormende vezels die in beenweefsel zorgen voor de samenhang van het weefsel. Beenweefsel zou zonder collageenvezels hard zijn, maar ook heel bros. In de kanaaltjes in het beenweefsel bevinden zich bloedvaten en zenuwen.

In kraakbeenweefsel liggen groepjes van twee of drie cellen tegen elkaar en daartussen bevindt zich de tussencelstof (zie afbeelding 8.2). Die bevat bij kraakbeen minder kalkzouten maar meer collageenvezels. Die zorgen ervoor dat het kraakbeen elastisch en buigzaam is. Hierdoor kan het weefsel enigszins vervormen. Kraakbeen bevindt zich bijvoorbeeld in je oren en neus.

► **Afb. 8** Weefsels met tussencelstof.



1 beenweefsel



2 kraakbeenweefsel

opdrachten

- 12 a** De tussencelstof van beenweefsel is hard.
Leg uit dat dat te maken heeft met de functie van het beenweefsel.
- b** Is de tussencelstof van kraakbeenweefsel hard of zacht?
Leg je antwoord uit.
- c** In je oren en neus komt kraakbeen voor.
Noem nog twee plaatsen in je lichaam waar kraakbeen voorkomt.
- d** Kraakbeen is weefsel dat moeilijk herstelt als het is beschadigd.
Leg uit hoe dat komt.
- 13** In Nederland kun je vanaf 12 jaar via het Donorregister vastleggen of je je organen na je overlijden wel of niet beschikbaar stelt voor transplantatie. Je kunt er voor kiezen om je nabestaanden of één specifieke persoon te laten beslissen na je overlijden. 88% van de Nederlanders van 18 jaar en ouder wil een orgaan ontvangen mocht dat nodig zijn. Slechts 26% van deze groep mensen staat geregistreerd als donor.
- a** Marion besluit zich te registreren als donor. In het Donorregister leest Marion dat onder andere de volgende delen van haar lichaam in aanmerking komen voor donatie: lever, longen, hoornvliezen, nieren, dunne darm, bot, pezen, alvleesklier, hartkleppen, hart, bloedvaten en kraakbeen.
Neem het volgende schema over en vul de genoemde organen en weefsels in.

Orgaanstelsel	Orgaan	Weefsel
Ademhalingsstelsel		
Beenderstelsel		
Bloedvatenstelsel		
Uitscheidingsstelsel		
Verteringsstelsel		
Zintuigstelsel		

- b Welke organen zijn met pezen bevestigd aan botten?
- c Ook kun je je huid doneren. Huid, haren en nagels vormen samen een orgaanstelsel.
Welke functies heeft dit orgaanstelsel? Noem er drie.
- d Welke weefselsoorten kun je in de huid aantreffen? Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 87A).

- 14 Op 1 januari 2015 stonden 1044 mensen op de wachtlijst voor orgaantransplantatie. Ieder jaar sterven gemiddeld 140 patiënten die op de wachtlijst staan. Het is niet altijd te voorkomen dat een patiënt overlijdt maar een groter aanbod van donororganen kan het aantal wel verminderen. In de afgelopen jaren zijn veel voorstellen gedaan met betrekking tot orgaandonatie.

Vijf voorstellen:

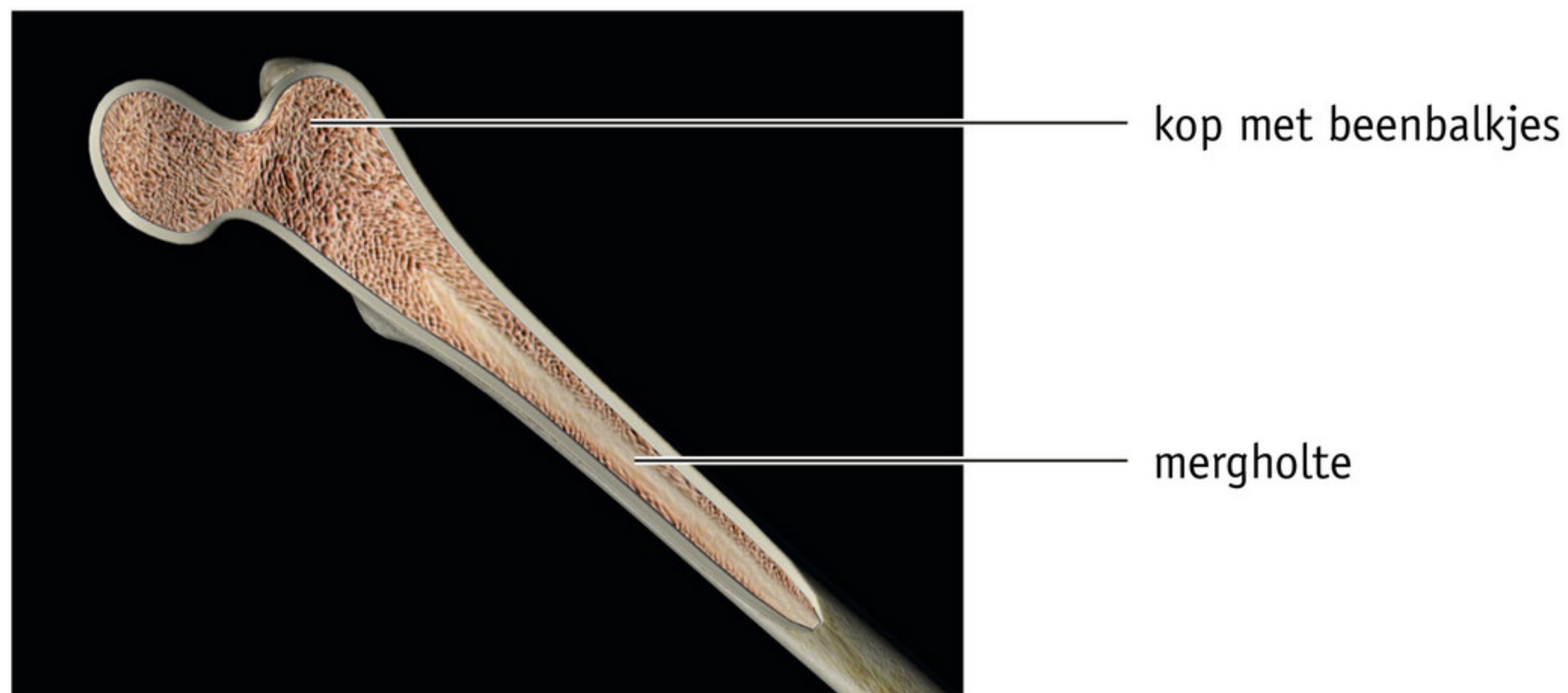
- 1 Iedereen is donor, tenzij je met een formulier aangeeft dat je geen donor wilt zijn.
- 2 Als iemand geen uitspraak over orgaandonatie heeft gedaan, moet je van de organen van deze persoon afblijven.
- 3 Iedereen van 18 jaar en ouder moet verplicht worden een keuze te maken op het donorformulier.
- 4 Als je niet als donor geregistreerd staat, kom je ook niet in aanmerking om een orgaan te ontvangen.
- 5 Mensen die zelf schade aan hun organen toebrengen (door bijvoorbeeld roken en alcohol), komen onderaan op de wachtlijst.

Noteer de nummers van de voorstellen en geef bij ieder voorstel jouw mening en beargumenteer die mening. Vergelijk en bespreek je mening (per voorstel) met die van drie andere klasgenoten.

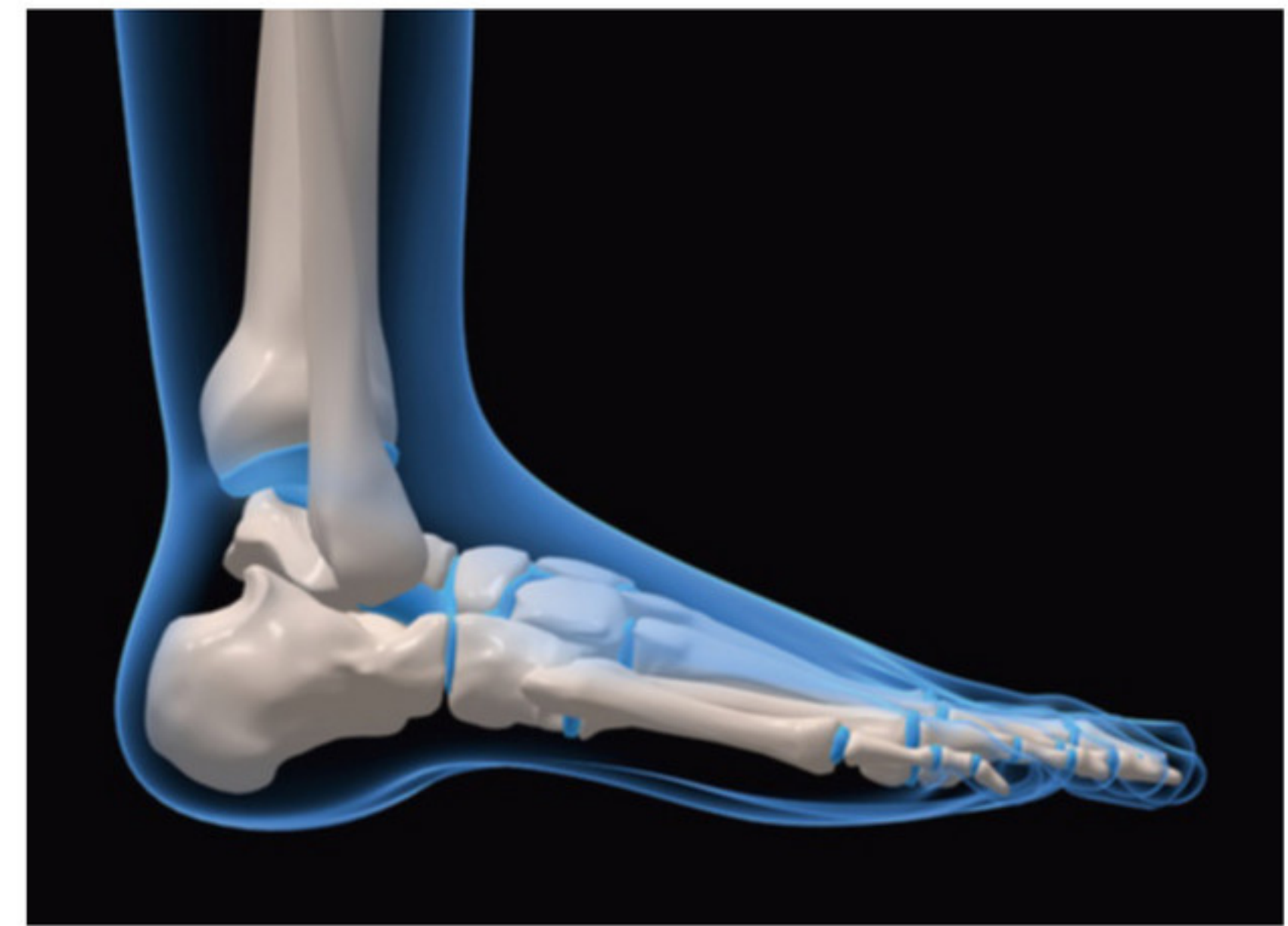
VORM EN FUNCTIE

Organismen zijn opgebouwd uit biologische eenheden, zoals cellen en weefsels. Tussen de vorm en de functie van biologische eenheden kun je verbanden zien. In het beenderstelsel zijn ook voorbeelden te zien van het verband tussen vorm en functie. Een dijbeen en een scheenbeen zijn langwerpige holle beenderen (zie afbeelding 9.1). In de kop van een dijbeen bestaat het beenweefsel uit beenbalkjes met daartussen beenmerg. De beenbalkjes lopen in de richtingen waarin de grootste krachten op het bot worden uitgeoefend. Hierdoor zijn dijbeenderen zo licht mogelijk zonder dat dit ten koste gaat van de stevigheid. Je benen kunnen je lichaamsgewicht dragen zonder dat het je te veel energie kost om ze te verzetten. De beenderen in de voeten hebben samen een gewelfde vorm (zie afbeelding 9.2). Door deze vorm zijn de voeten goed in staat het gewicht van je lichaam te dragen en schokken op te vangen.

▼ **Afb. 9** Vorm en functie gaan samen.



1 een dijbeen van de mens (lengtedoorsnede)



2 de gewelfde vorm van een voet

▼ **Afb. 10** Gestroomlijnde lichaamsvorm bij een mol.

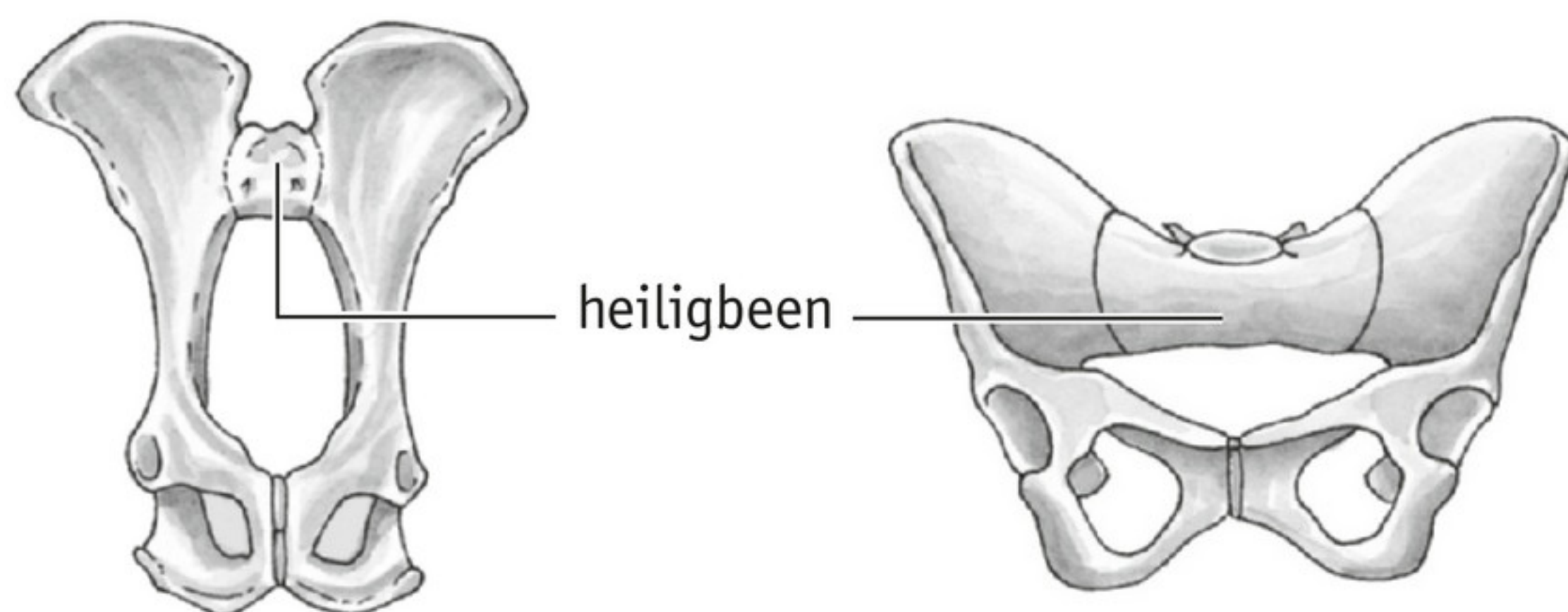


Diersoorten die in het water leven hebben in het algemeen een lichaamsvorm die weinig weerstand ondervindt van het water. Kop, romp en staart gaan geleidelijk in elkaar over. Deze lichaamsvorm heet een stroomlijnvorm. Behalve bij vissen kun je deze lichaamsvorm ook aantreffen bij vogels en zoogdieren (zie afbeelding 10). Wetenschappers kijken voor het ontwerpen van een product soms goed naar de natuur. De vorm en functie van biologische eenheden staan dan model voor een technisch ontwerp. Een duikboot heeft bijvoorbeeld een gestroomlijnde vorm en ondervindt daardoor weinig weerstand van het water.

opdrachten

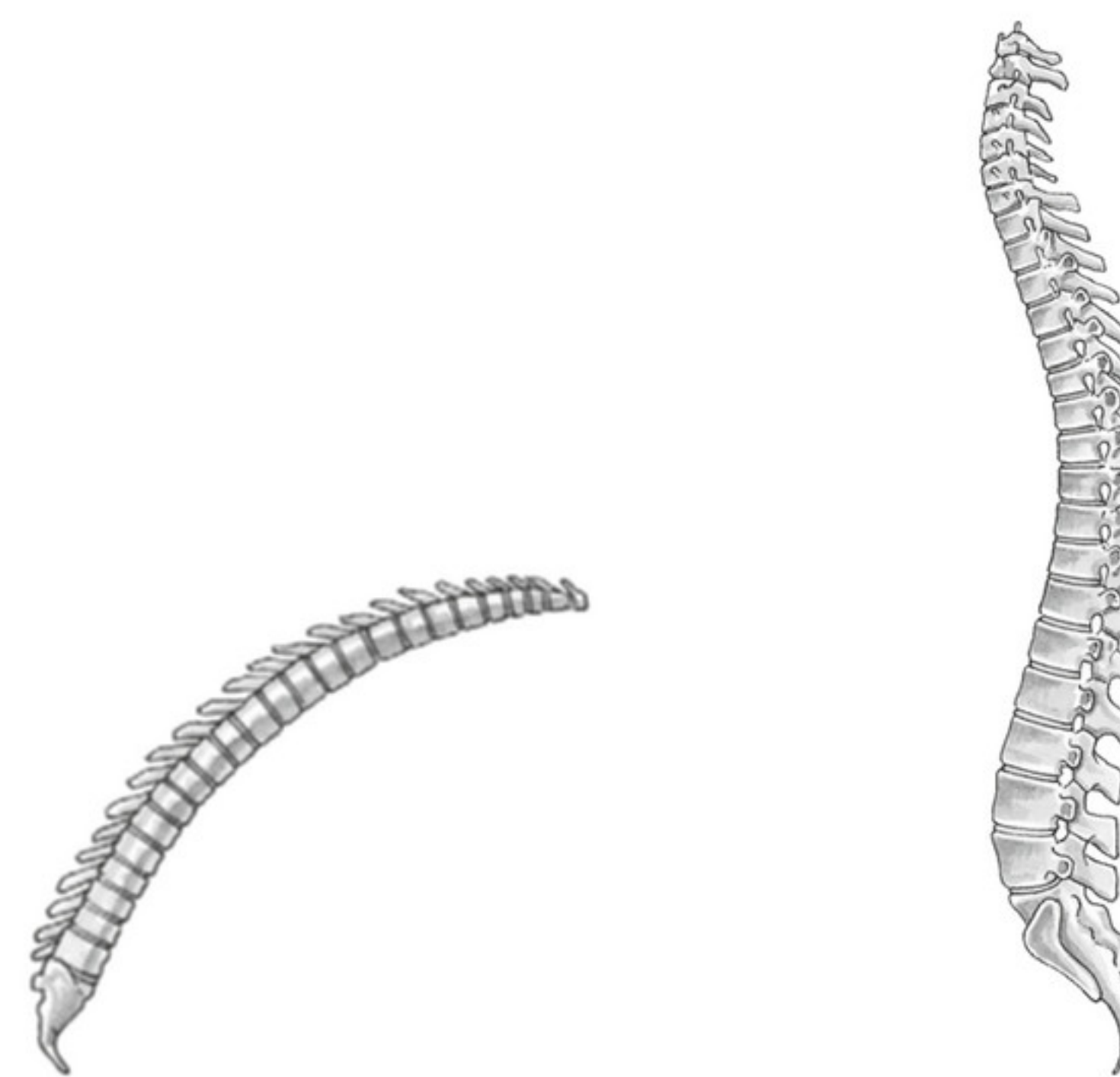
- 15 Chimpansees kunnen rechtop staan en lopen. Gewoonlijk gebruiken ze alle ledematen hiervoor. Ook bij het klimmen in bomen gebruiken ze alle ledematen.
- In afbeelding 11 zijn het bekken en de wervelkolom van een chimpansee en van een mens getekend.
- Wat is het verschil tussen het heiligbeen van een chimpansee en dat van een mens?
 - Welk verschil is er tussen de wervelkolom van een chimpansee en die van een mens?
 - Leg uit dat de verschillen in bouw van het heiligbeen en de wervelkolom te maken hebben met de levenswijze van de chimpansee en de mens.

▼ **Afb. 11** Bekken en wervelkolom van een chimpansee en een mens.



1 het bekken van een chimpansee

2 het bekken van een mens



3 de wervelkolom van een chimpansee

4 de wervelkolom van een mens

▼ **Afb. 12** Bladeren van de Venus vliegenvaal.

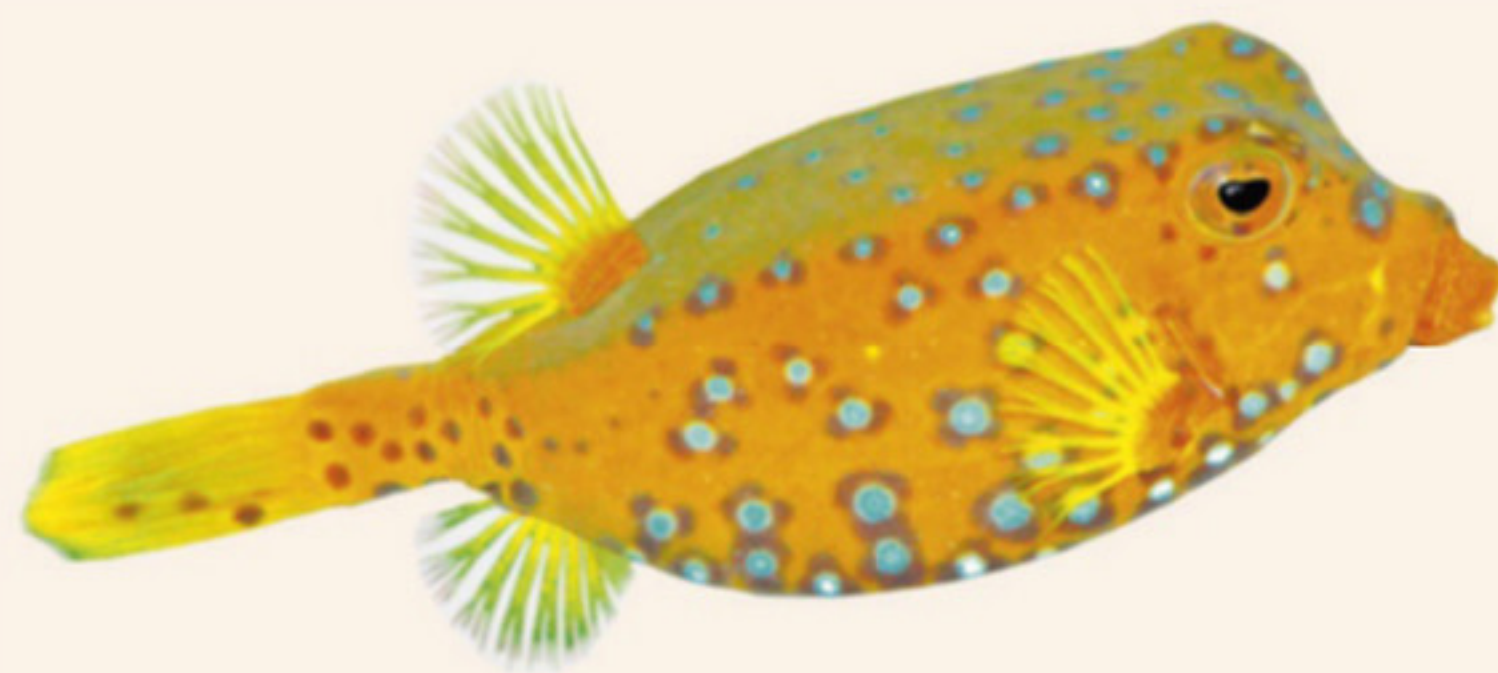


- 16** In afbeelding 10 zie je een mol. Een mol leeft onder de grond en heeft een gestroomlijnd lichaam.
Leg uit waarom dat voor een mol van belang is.
- 17** In afbeelding 12 zie je bladeren van de Venus vliegenvaal.
Wat is de functie van deze bladeren? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Beroep

▼ **Afb. 13** Ontwerp gebaseerd op de koffervis.



1 een koffervis



2 de auto

Inspiratie uit de natuur

Bij het ontwerp van klittenband hebben ontwerpers goed gekeken naar de zaden van de klit (*Arctium*). De zaden hebben stekels met aan de uiteinden haakjes die goed aan textiel en vacht blijven hangen. Gekko's kunnen zonder problemen tegen muren en plafonds lopen dankzij miljoenen minuscule haartjes onder hun voetzolen. Dat gaf het idee voor gekkotape: een plakband met superkleefkracht.

Biomimicry is de wetenschap die voorbeelden uit de natuur bestudeert en de kennis gebruikt om producten te ontwerpen of problemen op te lossen. De term biomimicry is afgeleid van de Griekse woorden *bios* 'leven' en *mimesis* 'imiteren', dus letterlijk 'het leven imiteren'. Ontwerpers laten zich voor een nieuw product vaak inspireren door de relatie tussen een vorm uit de levende natuur en de functie ervan.

Voor het ontwerp van een kleine, zuinige auto hebben ontwerpers inspiratie gehaald uit de oceaan. Ze keken daarvoor niet naar slanke, snel zwemmende vissen, zoals haaien. Ze keken juist naar vissen met wat meer inhoudelijk volume, net als een auto. De koffervis bleek veel volume te hebben maar ook verrassend gestroomlijnd te zijn: koffervissen ondervinden weinig weerstand van het water tijdens het zwemmen. De ontwerpers hebben een auto ontworpen gebaseerd op de vorm en het skelet van deze vis (zie afbeelding 13).

opdracht

- 18 a** De ontwerpers van de auto van afbeelding 13.2 vonden de koffervis 'verrassend' gestroomlijnd. Leg uit hoe ze dat bedoelen.
- b** Op welke organisatieniveaus hebben de ontwerpers een organisme bestudeerd voor het ontwerp van klittenband, gekkotape en de auto?

Leerdoelen

- Je kunt delen van dierlijke cellen en van plantaardige cellen herkennen en de functies ervan benoemen.
- Je kunt een microscoop gebruiken en daarmee (delen van) organismen bestuderen.

3

Plantaardige en dierlijke cellen

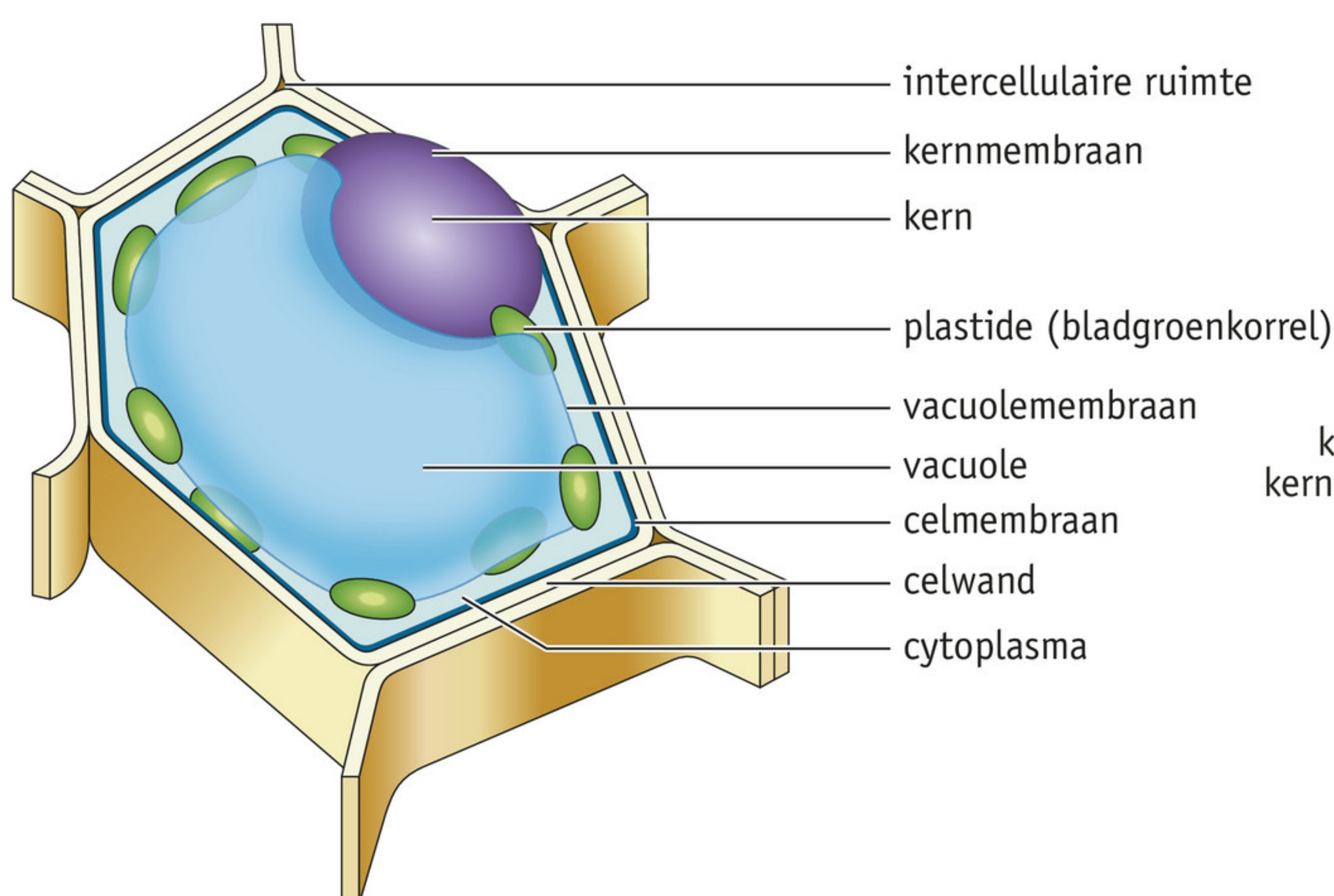
Een cel is de kleinste biologische eenheid die kan leven. Cellen kunnen enorm verschillen, maar ze vertonen ook zeker overeenkomsten. Met behulp van een microscoop kun je zien dat cellen alles behalve simpel zijn.

PLANTAARDIGE EN DIERLIJKE CELLEN

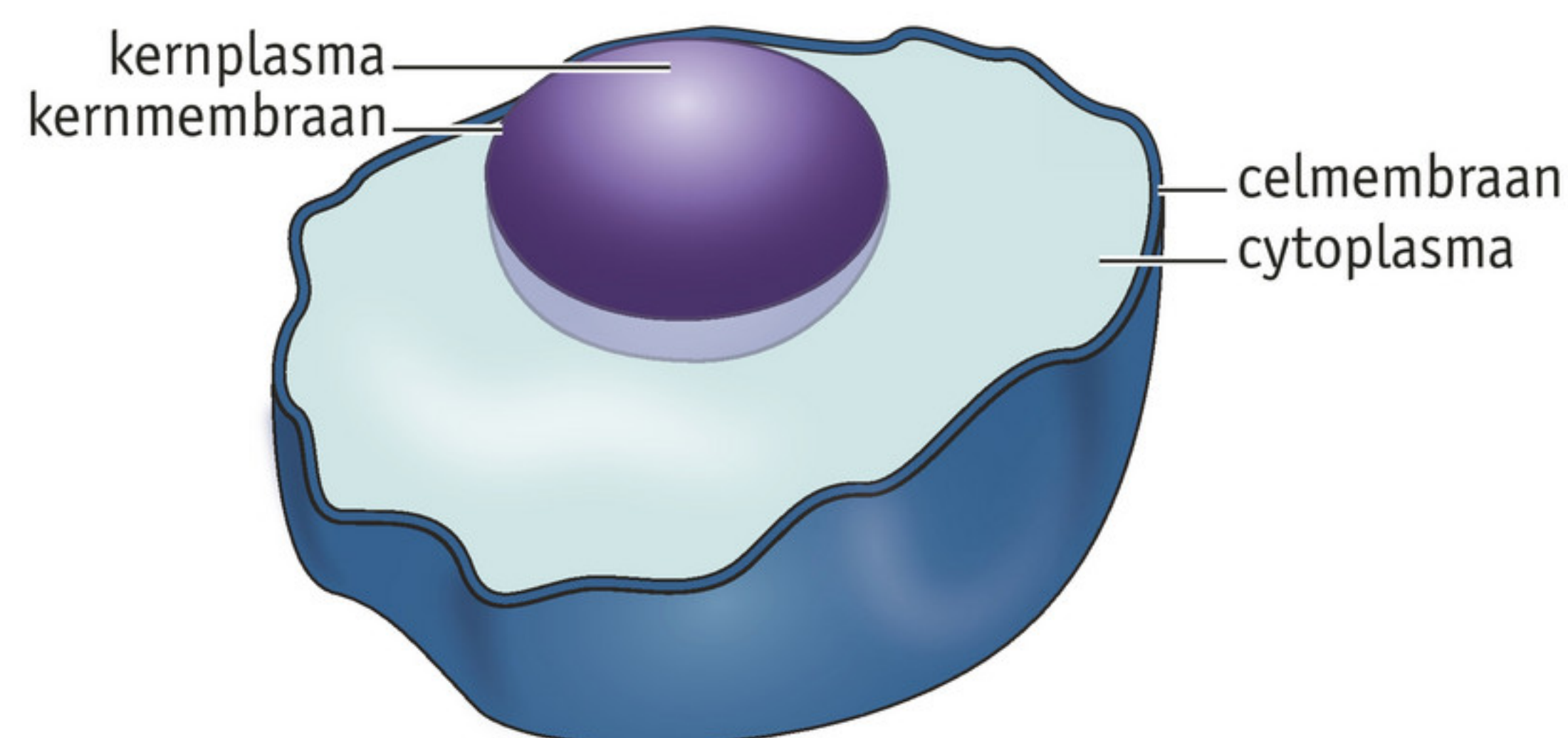
Cellen van plantaardige en dierlijke organismen hebben in hun bouw veel overeenkomsten maar ook verschillen. In afbeelding 14 zie je een plantaardige cel en een dierlijke cel met verschillende delen. De aangegeven delen komen niet in alle cellen van alle organismen voor. Elk deel van een cel met een eigen functie noem je een **organel**.

De buitenste laag van een cel is het **celmembraan**. Bij cellen van planten ligt om het celmembraan nog een **celwand**. Het celmembraan bestaat voor het grootste deel uit vetmoleculen. Hierdoor wordt het inwendige van de cel, het **cytoplasma** (**celplasma**), gescheiden van het milieu buiten de cel. Cytoplasma bestaat uit water met daarin allerlei organellen en opgeloste stoffen. Ook de **celkern** ligt in het cytoplasma. Het **kernmembraan** vormt de buitenste laag van de celkern.

▼ **Afb. 14** Een plantaardige en een dierlijke cel.



1 een plantaardige cel (schematisch)



2 een dierlijke cel (schematisch)

Veel plantaardige cellen bevatten een grote centrale **vacuole**. Deze is gevuld met vacuolevocht en wordt omgeven door het **vacuolemembraan**. Het cytoplasma ligt dan in een dunne laag tegen het celmembraan aan. De grote centrale vacuole speelt een belangrijke rol bij de stevigheid van plantaardige cellen. Ook kan de vacuole van een plantaardige cel kleurstoffen bevatten. De kleurstoffen geven de kleur aan bijvoorbeeld bloemen en vruchten. Bij planten kunnen in het cytoplasma van de cellen ook **plastiden** voorkomen. Van deze organellen bestaan verschillende typen: **bladgroenkorrels** (chloroplasten), **chromoplasten** (kleurstofkorrels) en **leukoplasten**. Bladgroenkorrels bevatten groene kleurstoffen (**bladgroen**). In chromoplasten komen gele, oranje en rode kleurstoffen voor. Leukoplasten dienen om stoffen zoals vet, zetmeel en eiwit in op te slaan. Zetmeelkorrels zijn bijvoorbeeld leukoplasten waarin zetmeel is opgeslagen.

Sommige plastiden kunnen overgaan in andere. Zo gaan bladgroenkorrels tijdens het rijpen van vruchten over in chromoplasten. Dit gebeurt bijvoorbeeld tijdens het rijpen van een tomaat.

Op plaatsen waar plantaardige cellen niet helemaal op elkaar aansluiten ontstaan **intercellulaire ruimten**. Deze ruimten zijn gevuld met lucht of vocht.

CELLEN BEKIJKEN

In 1665 bekeek Robert Hooke een stukje kurk met een zelfgebouwde microscoop die 30× kon vergroten. Hij ontdekte dat kurk uit kleine hokjes bestaat die hij cellen noemde. Hij introduceerde daarmee het begrip 'cel' in de biologie. Zijn tijdgenoot Antoni van Leeuwenhoek ontwikkelde een aantal jaren later een microscoop die 480× kon vergroten. Met deze microscoop kon hij als eerste mens levende cellen waarnemen. Hij bestudeerde, beschreef en tekende heel kleine organismen, weefsels en cellen die hij met zijn eenvoudige microscoop waarnam (zie afbeelding 15).

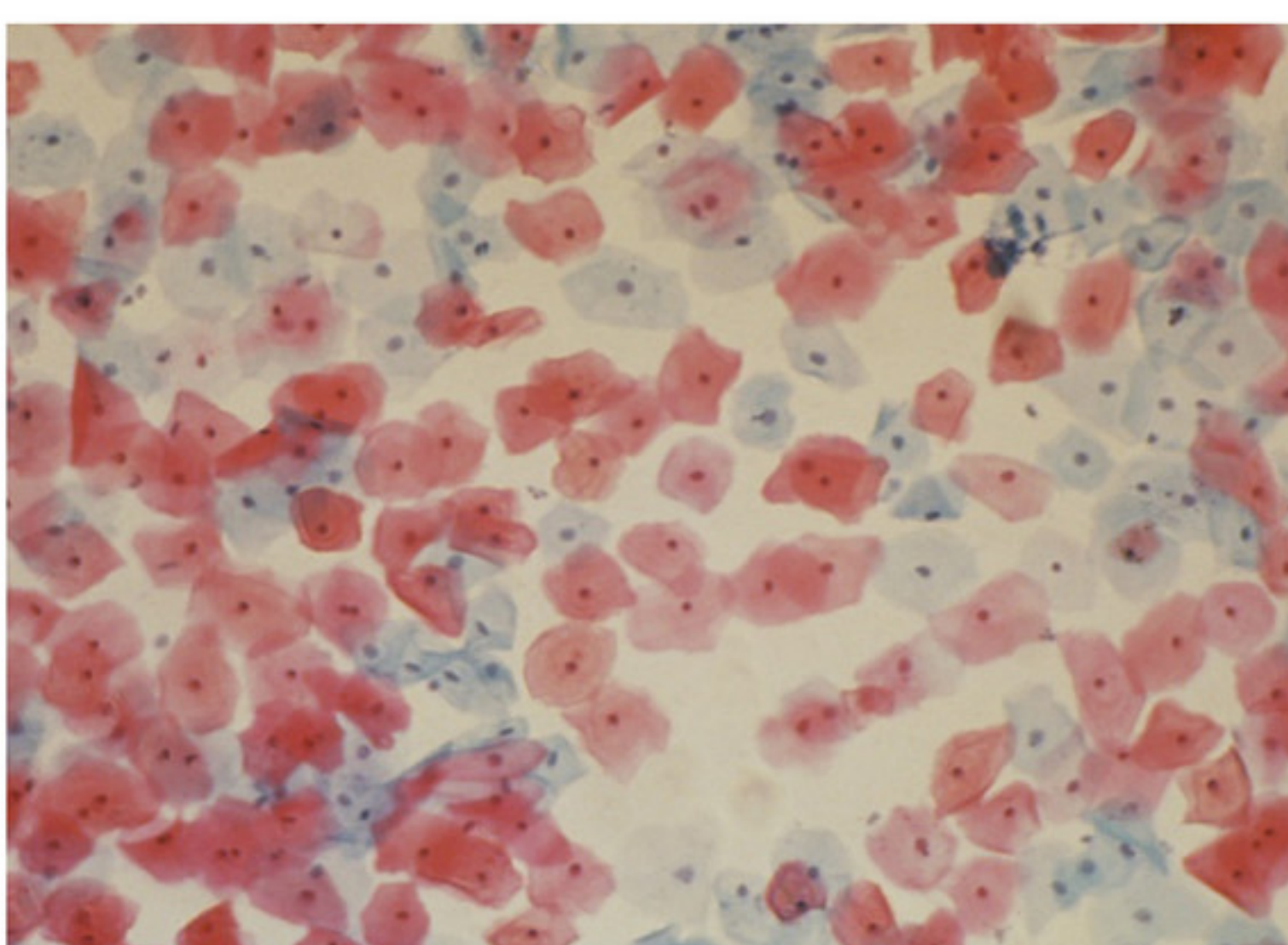
► **Afb. 15** Een replica van de microscoop van Antoni van Leeuwenhoek.



Microscopen spelen een belangrijke rol bij allerlei onderzoeken. Om bijvoorbeeld de waterkwaliteit te bepalen, kun je met een microscoop bekijken welke soorten organismen in het water leven. Medisch analisten onderzoeken cellen en weefsels met behulp van microscopen in laboratoria van ziekenhuizen.

opdrachten

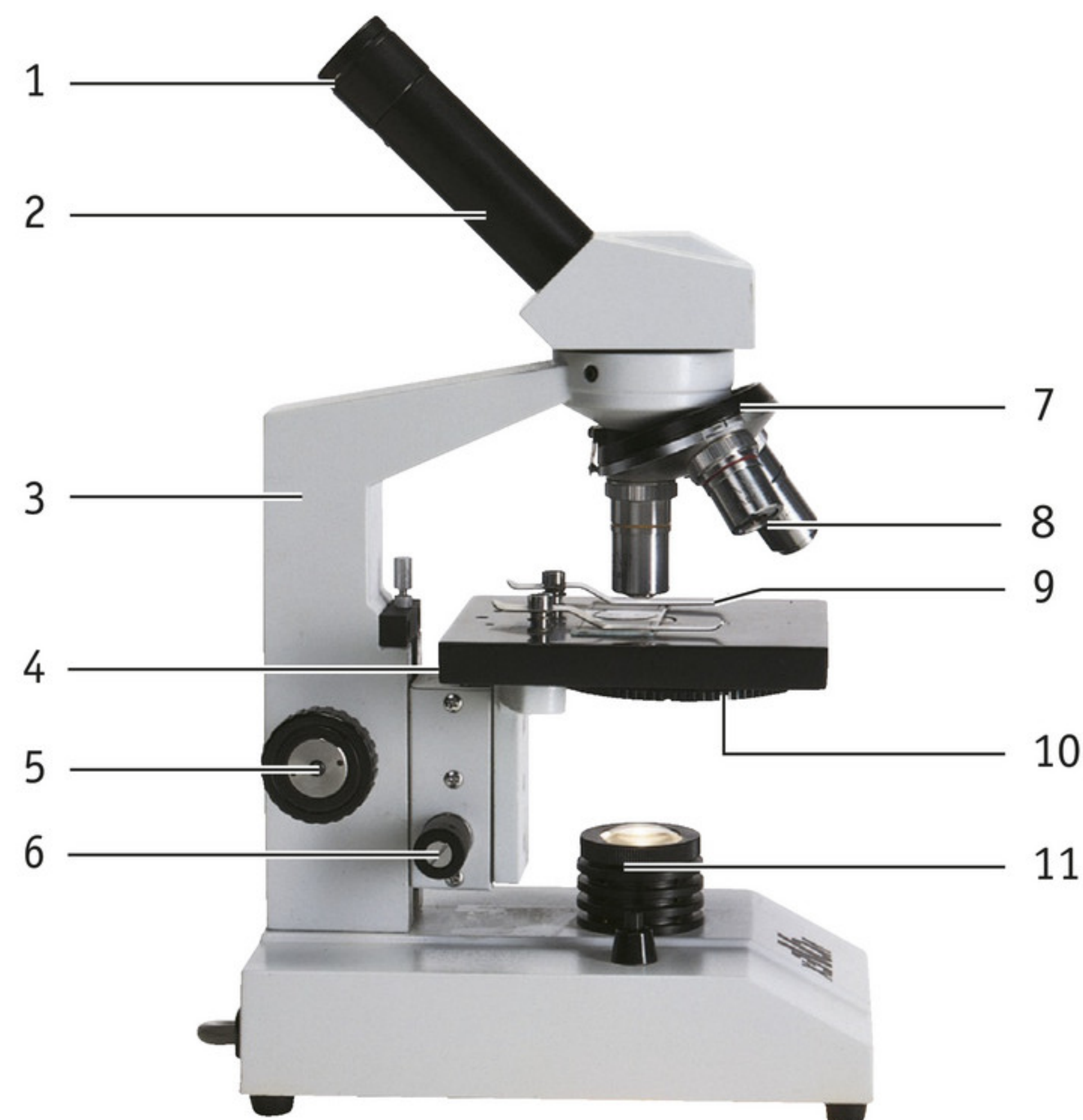
▼ **Afb. 16** Cellen in een uitstrijkje.



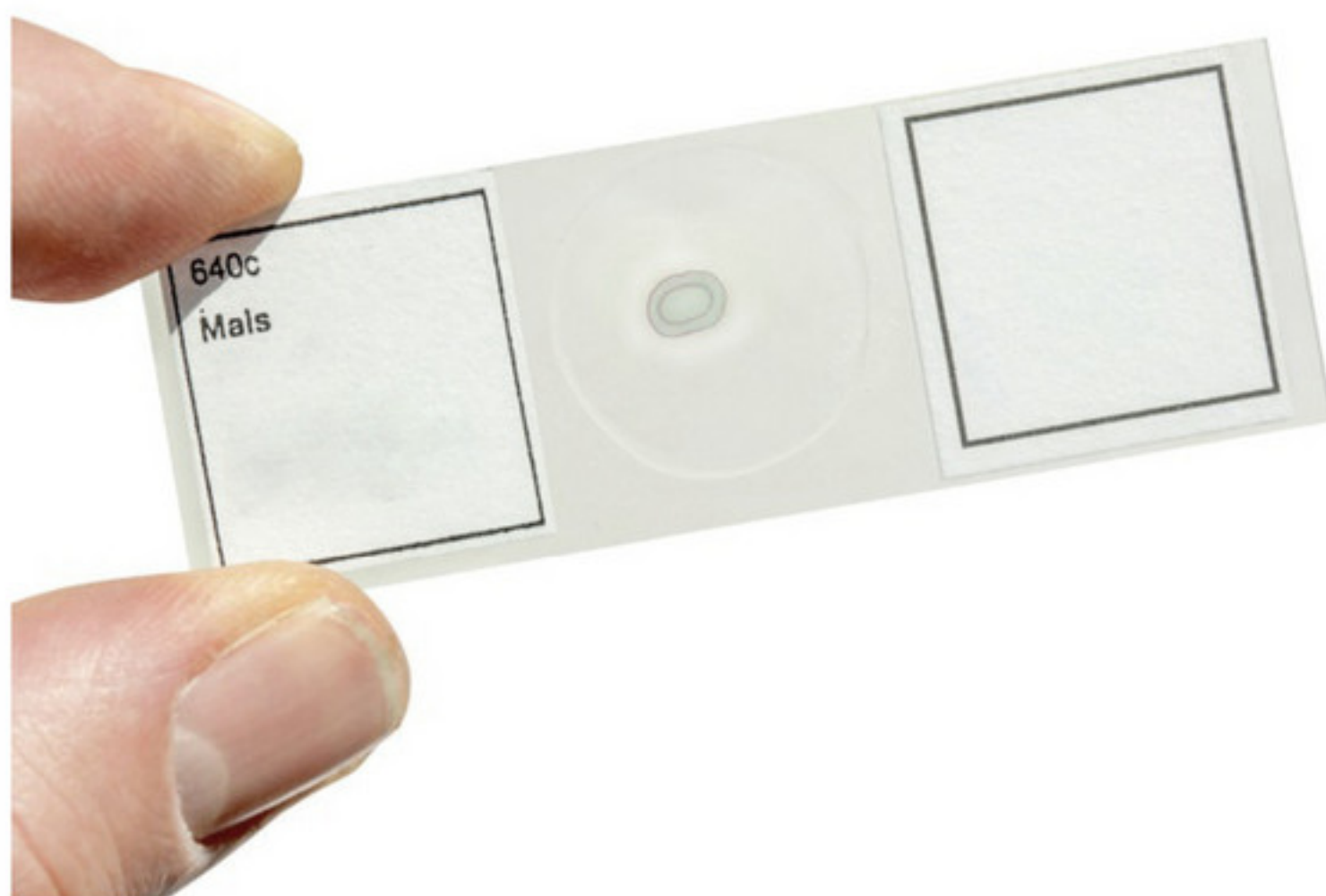
- 19 In Nederland krijgen vrouwen tussen de 30 en 60 jaar om de vijf jaar een uitnodiging om een uitstrijkje te laten maken. Dit bevolkingsonderzoek is bedoeld om baarmoederhalskanker zo vroeg mogelijk op te sporen. Met een borsteltje worden wat cellen van de baarmoederhals gehaald. Een medisch analist bekijkt de cellen met een microscoop in een laboratorium (zie afbeelding 16).
 - a Enkele voorbeelden van organellen zijn: celkern, celmembraan, celwand, bladgroenkorrels, chromoplasten, cytoplasma, grote centrale vacuole, kernmembraan en leukoplasten.
Welke van deze organellen zijn zeker aanwezig in de cellen van een uitstrijkje? Leg je antwoord uit.
 - b Veel cellen in het uitstrijkje zijn roze gekleurd en hebben een donkere celkern.
Hoe komt het dat de cellen roze zijn?

- 20 Afbeelding 17 is een foto van een microscoop. Enkele onderdelen zijn genummerd.
- Noteer de namen van de genummerde onderdelen onder elkaar.
 - Noteer de functies van de onderdelen 5, 6, 7, 9 en 10.

► **Afb. 17** Een lichtmicroscoop.



▼ **Afb. 18** Een preparaat.



WERKEN MET EEN LICHTMICROSCOOP

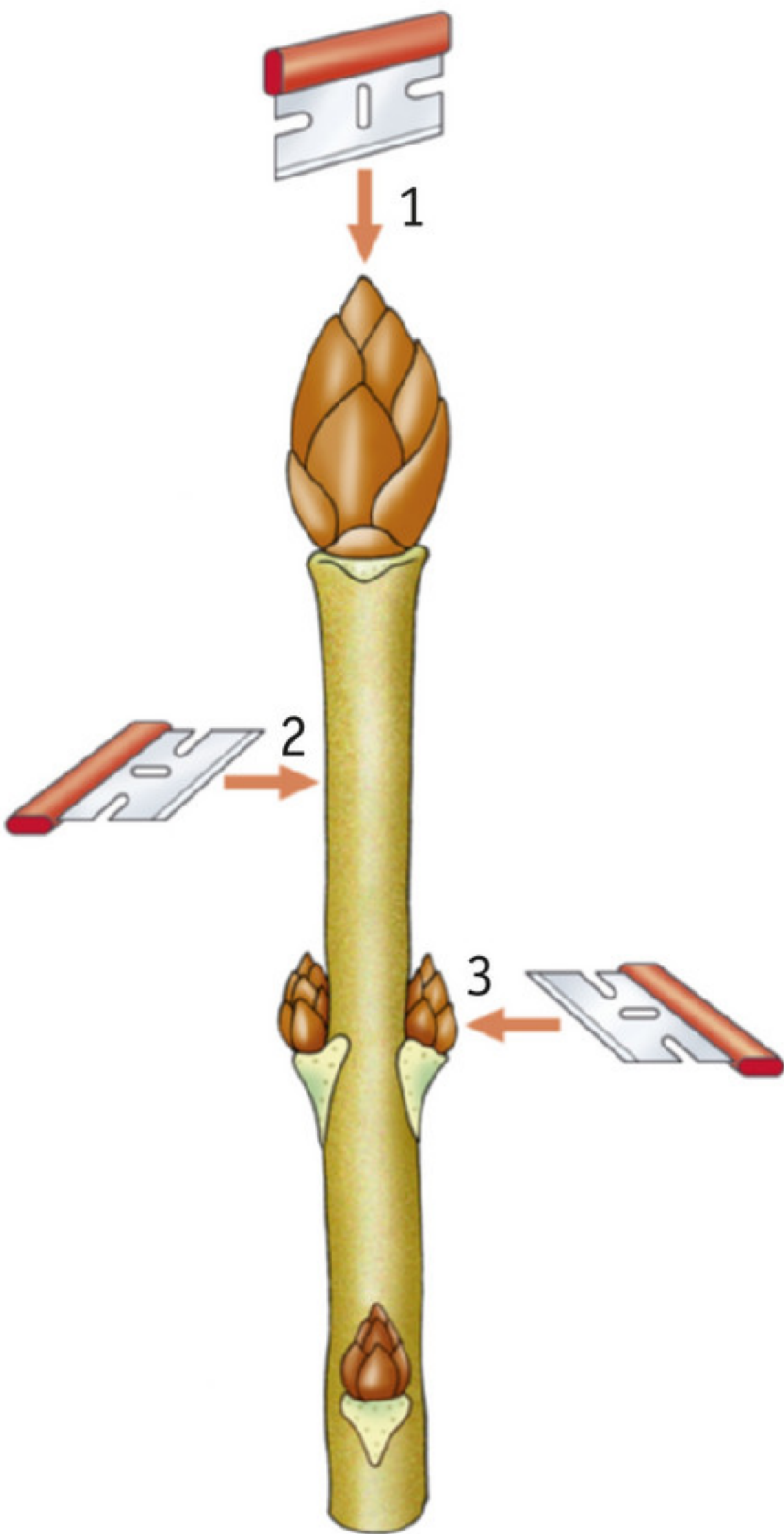
De meeste cellen zijn zo klein dat je ze alleen met een microscoop kunt bekijken. Daarvoor maak je eerst een **preparaat** van de cellen (zie afbeelding 18). Een preparaat bestaat uit een objectglas en een dekglas met daartussen het **object** dat je onder een microscoop wilt bekijken. Het object in een preparaat moet erg dun zijn om licht door te kunnen laten. Vaak maak je dan een doorsnede. Omdat bij microscopen op school licht door het preparaat valt, noem je ze lichtmicroscopen.

Microscopen vergroten het beeld dat je ziet. De meeste microscopen op school kunnen 400× tot 600× vergroten. Een preparaat leg je op de tafel van de microscoop en je zet het vast met de preparaatklemmen. Daarna stel je de microscoop in. De vergroting van je microscoop reken je uit door de vergroting van het oculair te vermenigvuldigen met de vergroting van het objectief. Als het oculair 10× vergroot en het objectief 40×, dan is de totale vergroting 400×.

Wanneer je een tekening maakt van wat je ziet, leer je nauwkeurig te observeren. Schrijf bij je tekening welke vergroting je hebt gebruikt. Dit is dan niet de exacte vergroting van je tekening. Als je groot tekent, zal de vergroting meer zijn dan wanneer je klein tekent.

Stel dat bepaalde cellen ongeveer 0,2 mm groot zijn. Je bekijkt ze bij een vergroting van 100×. Je tekent een cel ongeveer 10 cm groot. De werkelijke vergroting van je tekening is dan $(100 \text{ mm} / 0,2 \text{ mm})$ 500×. Toch schrijf je bij je tekening: vergroting 100×. Je tekent dan alleen wat op het vlak van de doorsnede te zien is.

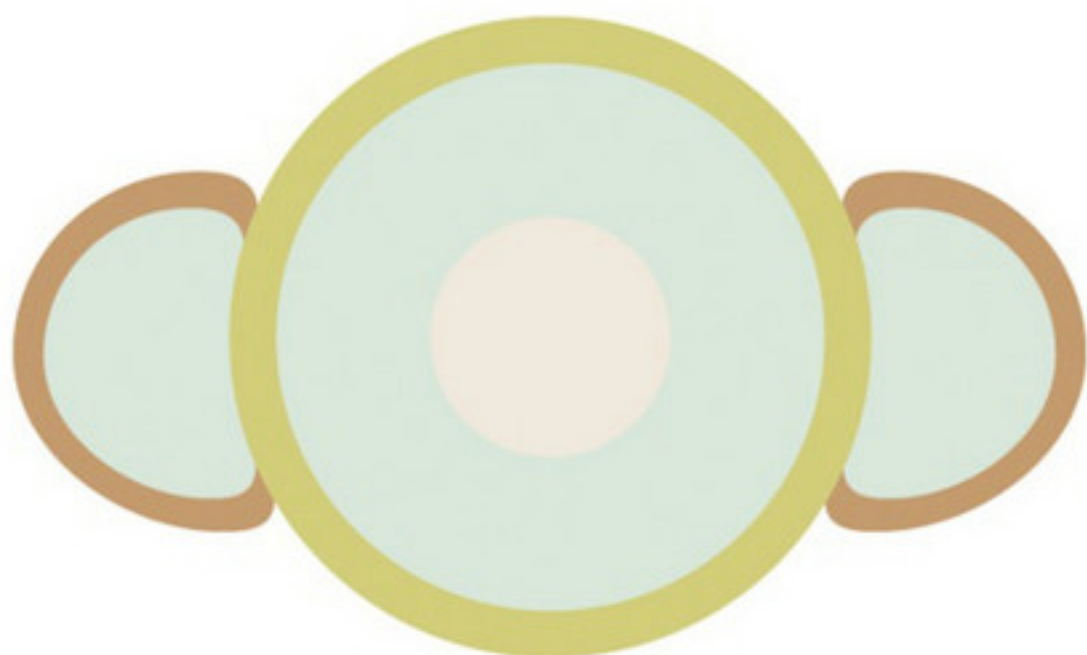
▼ Afb. 19 Doorsneden van een tak maken.



opdrachten

- 21 Je werkt met een microscoop waarin een oculair zit dat 5× vergroot. Aan deze microscoop zitten drie objectieven die 4×, 10× en 40× vergroten. Bij welke vergrotingen kun je een preparaat bekijken?
- 22 a In afbeelding 19 zie je drie manieren waarop je een doorsnede van een tak kunt maken. Welke manier levert een lengtedoorsnede op?
- b Is in afbeelding 20 een dwarsdoorsnede of een lengtedoorsnede van een tak getekend?
- c Welke manier van snijden van afbeelding 19 levert de doorsnede van afbeelding 20 op?

▼ Afb. 20 Een doorsnede van een tak.



►► PRACTICUMOPDRACHT 1 T/M 4

opdracht

- 23 Cellen van een mens zijn dierlijke cellen. Tussen dierlijke en plantaardige cellen bestaan verschillen. Neem het onderstaande schema over en maak de juiste combinaties. Maak een tabel met vier kolommen. Noteer in de eerste kolom de volgende organellen en delen van cellen: celmembraan, celwand, cytoplasma, grote centrale vacuole, celkern, kernmembraan, bladgroenkorrels, chromoplasten, leukoplasten. Zet een kruisje:
- in de tweede kolom wanneer dit organel of deel van de cel aanwezig is bij dierlijke cellen;
 - in de derde kolom wanneer dit organel of deel van de cel aanwezig is of kan zijn bij plantaardige cellen.

Organel of deel van de cel	Is aanwezig bij dierlijke cellen	Is aanwezig of kan aanwezig zijn bij plantaardige cellen
Celmembraan		
Celwand		
Cytoplasma		
Grote centrale vacuole		
Celkern		
Kernmembraan		
Bladgroenkorrels		
Chromoplasten		
Leukoplasten		

▼ **Afb. 21** Een elektronenmicroscop.

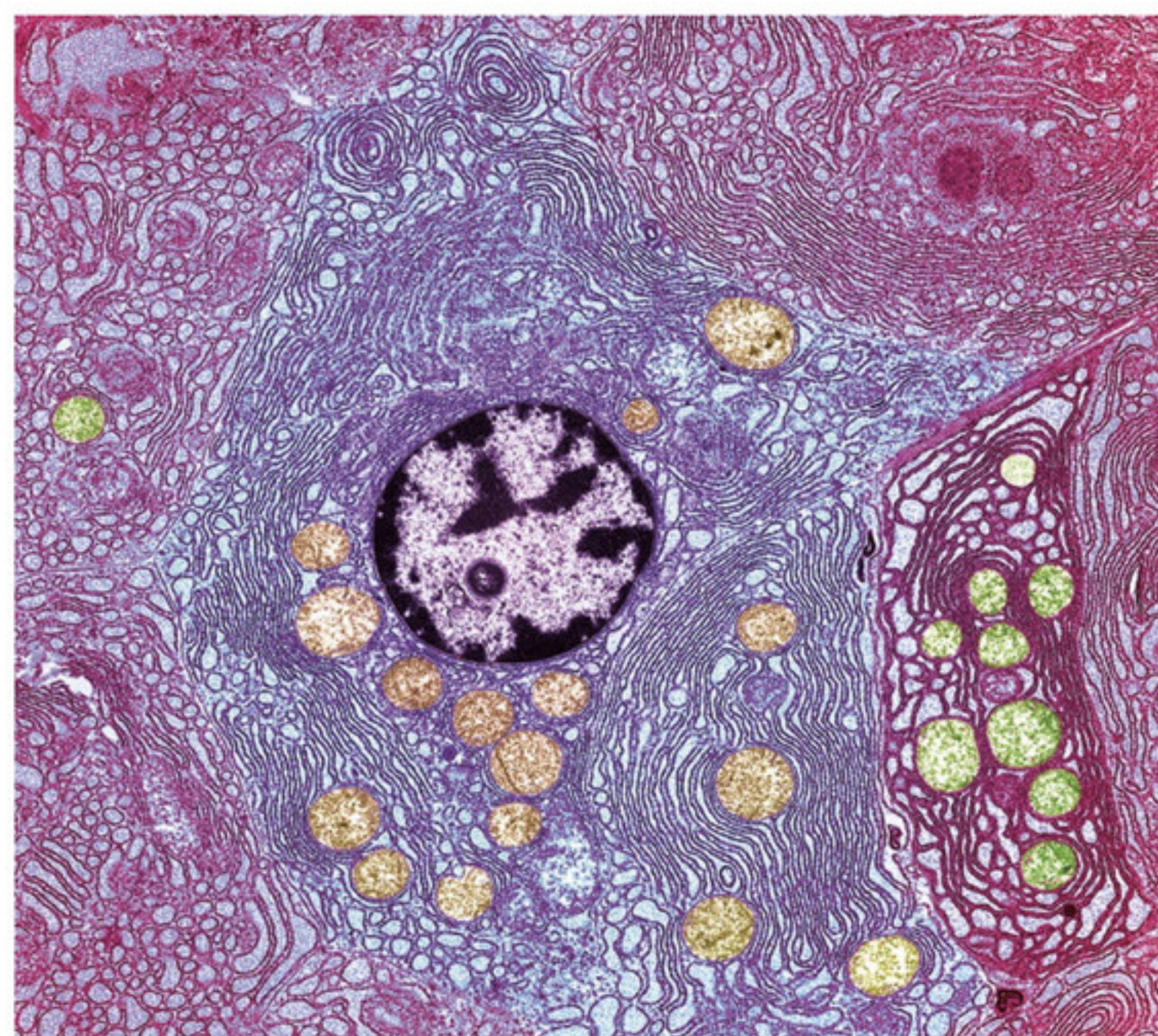


ELEKTRONENMICROSCOPEN

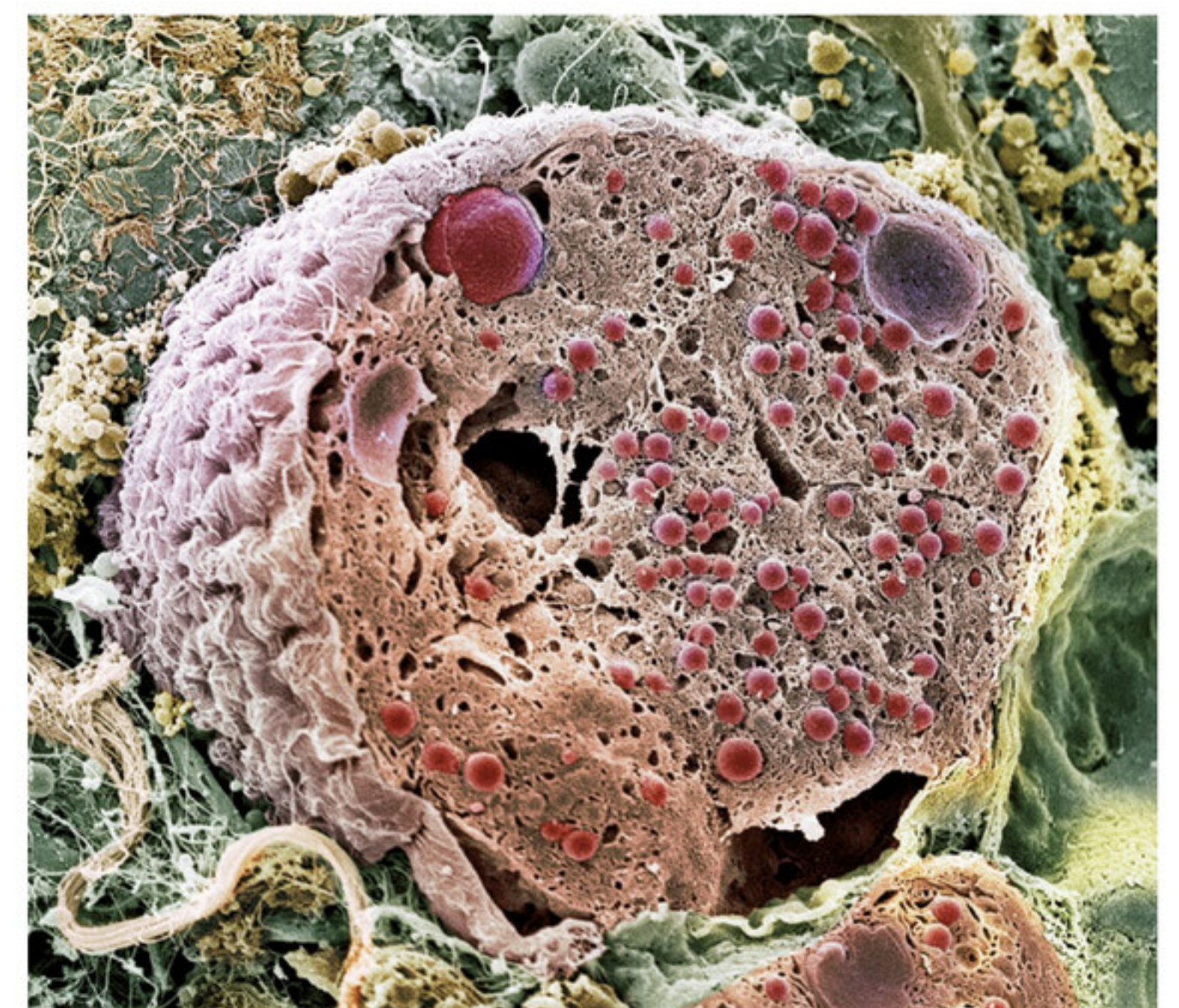
In cellen komen delen voor die met een lichtmicroscop niet zichtbaar zijn. Om deze delen te bekijken, gebruik je een elektronenmicroscop (zie afbeelding 21). Elektronenmicroscopen kunnen tot meer dan 100 000× vergroten. Ze zijn aangesloten op computers. De computer bewerkt de beelden en toont ze op een beeldscherm. Vaak zijn de beelden ingekleurd waardoor bepaalde structuren beter zichtbaar zijn.

Er zijn twee typen elektronenmicroscopen. Een **transmissie-elektronen-microscop** (TEM) geeft een beeld dat lijkt op dat van een lichtmicroscop (zie afbeelding 22.1). Net als bij een lichtmicroscop is er geen diepte te zien. Bij het beeld van een **scanning elektronenmicroscop** (SEM) is wel diepte te zien, waardoor een driedimensionaal beeld ontstaat (zie afbeelding 22.2).

► **Afb. 22** Elektronenmicroscopische foto's.



1 cel van de alvleesklier (TEM, 2500×), gekleurd



2 cel van de alvleesklier (SEM, 2200×), gekleurd

opdracht

- 24 a** De kleuren op veel afbeeldingen van elektronenmicroscopische foto's komen niet overeen met de werkelijkheid. Welk voordeel hebben de kleuren voor de onderzoekers?
- b** Een onderzoeker wil de vorm van bacteriën onderzoeken. Maakt hij dan gebruik van een TEM of van een SEM? Leg je antwoord uit.

Kleur bekennen

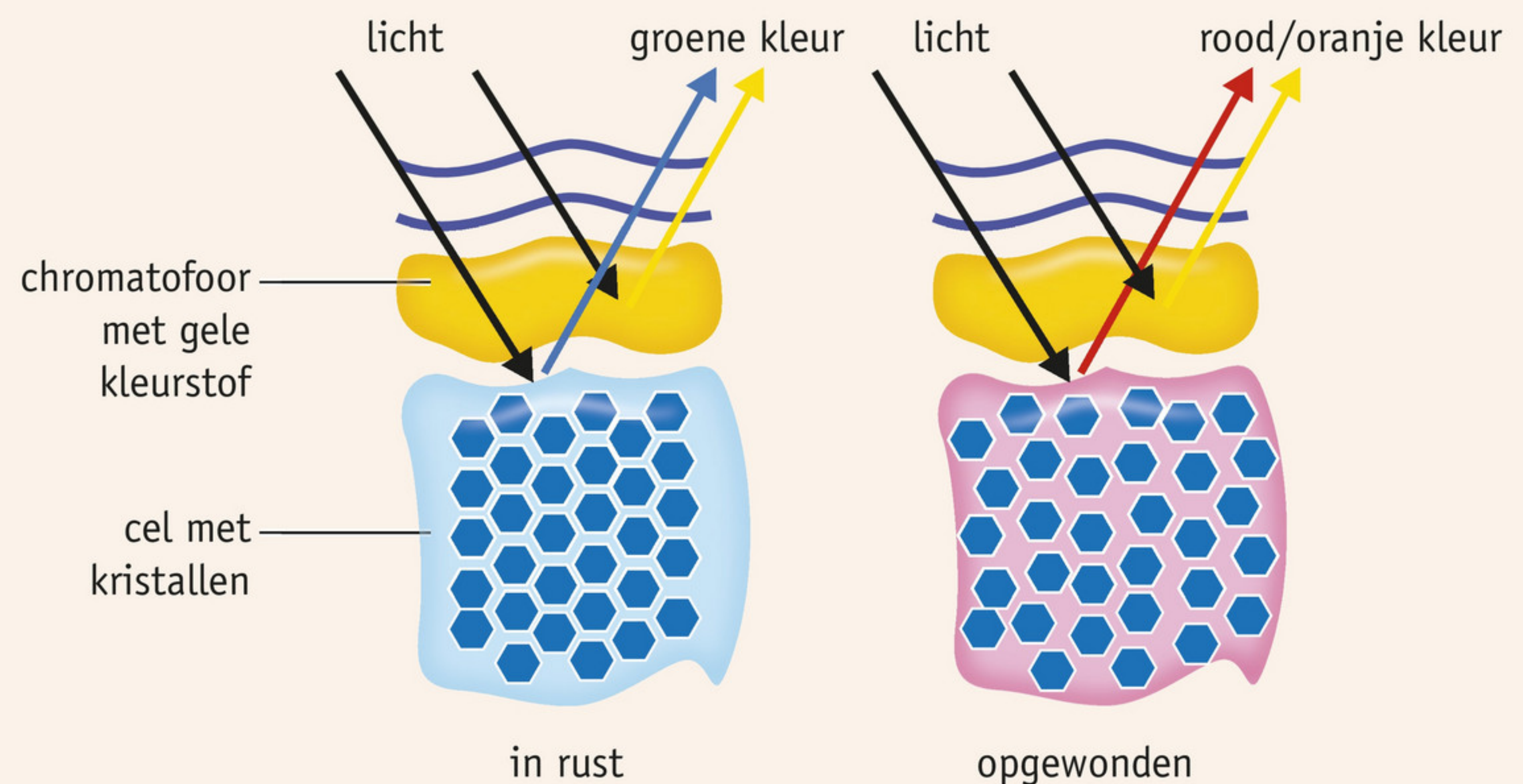
Panterkameleons hebben de meest uiteenlopende kleuren, zoals groen, blauw, geel, paars en roze. Ze kunnen ook nog eens van kleur veranderen om zich te camoufleren en signalen door te geven aan soortgenoten en andere dieren. Met hun kleur intimideren en verjagen ze bijvoorbeeld andere kameleons uit hun territorium of geven ze aan dat ze bereid zijn om te paren.

Net als plantaardige cellen kunnen ook dierlijke cellen kleurstoffen bevatten: de chromatoforen. Ze geven kleur aan cellen in de huid, ogen, haren, veren of vacht. De kleuren hebben een functie. Zo beschermt de kleurstof (of pigment) in de huid van zoogdieren en vogels tegen de schadelijke werking van ultraviolette straling.

Hoe verandert een kameleon van kleur?

De kleurverandering gebeurt onder andere doordat chromatoforen krimpen of uitzetten. Door te krimpen verdwijnt of vervaagt een kleur. De kleur is weer zichtbaar wanneer een chromatofoor uitzet. Doordat chromatoforen met een bepaalde kleur krimpen en die met een andere kleur juist uitzetten, kan een organisme van kleur veranderen. Een panterkameleon heeft onder de laag chromatoforen in zijn huid nog een laag cellen met hele kleine kristallen. Wanneer de positie van de kristallen in deze cellen verandert, reflecteren de cellen een andere kleur licht (zie afbeelding 23). Ook sommige inktvissen, hagedissen en vissen kunnen op zo'n manier van kleur veranderen.

▼ **Afb. 23** Kleurverandering bij de panterkameleon.



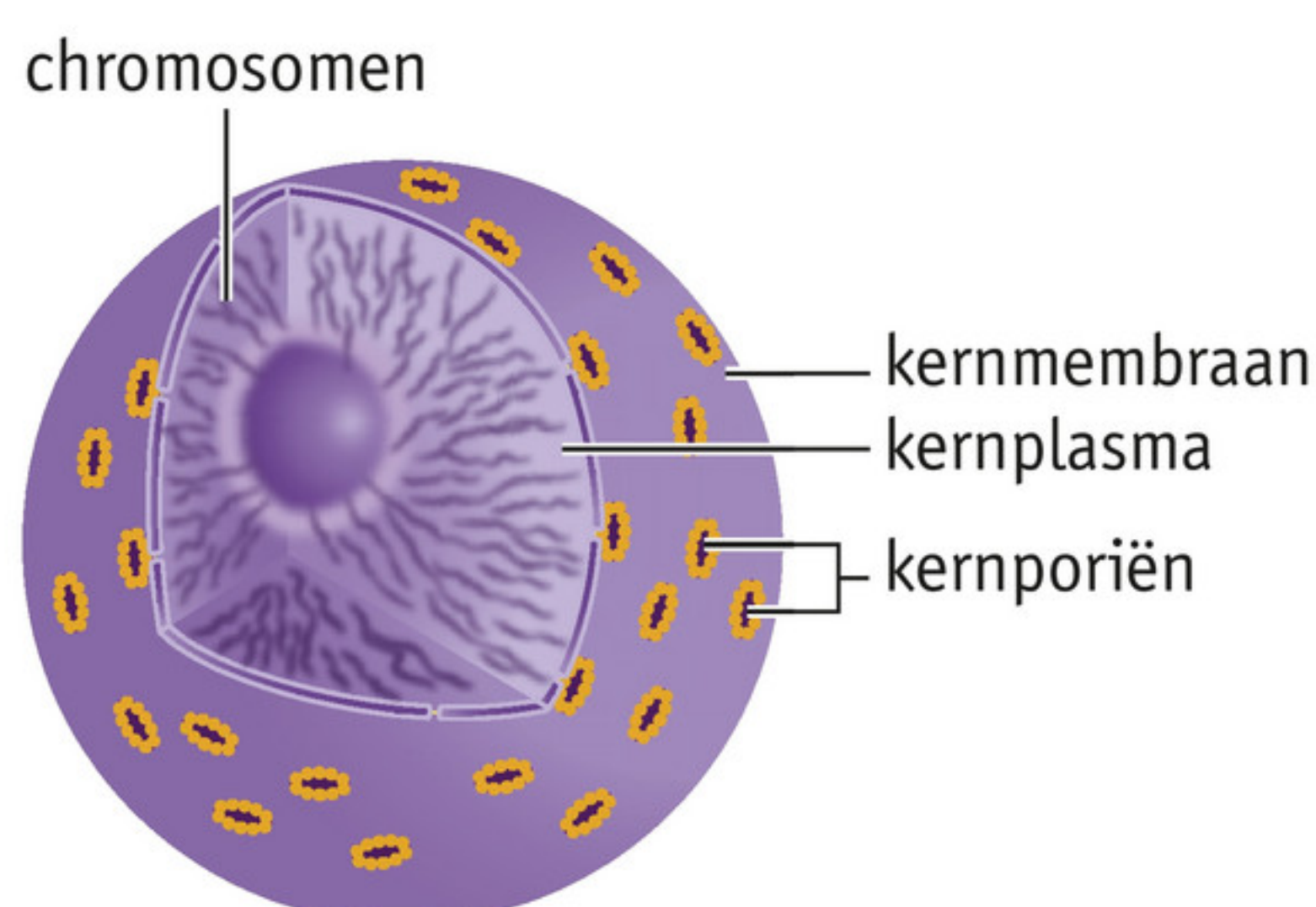
opdrachten

- 25 a Geef een voorbeeld van de functie van kleuren bij een diersoort in voortplantingstijd.
 - b De panterkameleon heeft in de bovenste laag van zijn huid chromatoforen met gele kleurstof. In rust liggen de kristallen in de cellen daaronder dicht tegen elkaar. Ze reflecteren dan blauw licht (zie afbeelding 23). Welke kleur heeft de huid van een panterkameleon in rust? Leg je antwoord uit.
 - c Leg uit in wat voor omgeving een panterkameleon waarschijnlijk rust.
 - d Wat is de kleur van een panterkameleon als hij opgewonden is?
- 26 Kleurstoffen in planten kunnen een plant of een deel van een plant aantrekkelijker maken voor andere organismen. Noem hiervan twee voorbeelden.

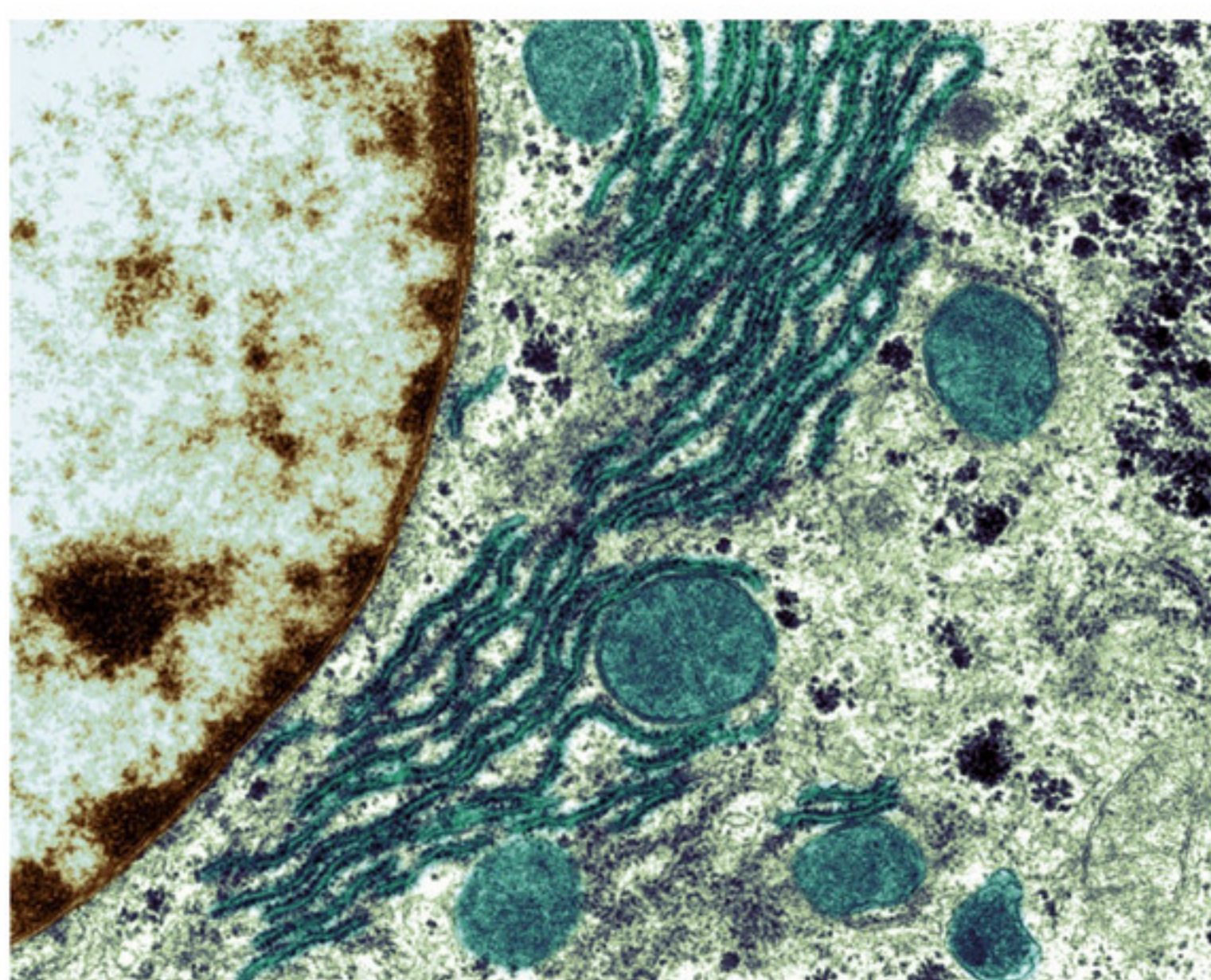
Leerdoel

- Je kunt een cel beschrijven als een zelfstandig functionerende biologische eenheid.

▼ **Afb. 24** De celkern (schematische tekening).



▼ **Afb. 25** Endoplasmatisch reticulum met ribosomen.



1 elektronenmicroscopische foto (TEM, 11 000x)

4 Celorganellen

Dat het in een cel een levendige boel is, kun je op afbeeldingen niet zien. In een cel liggen de celorganellen niet op een vaste plaats. Ze bewegen continu en er is interactie met andere organellen.

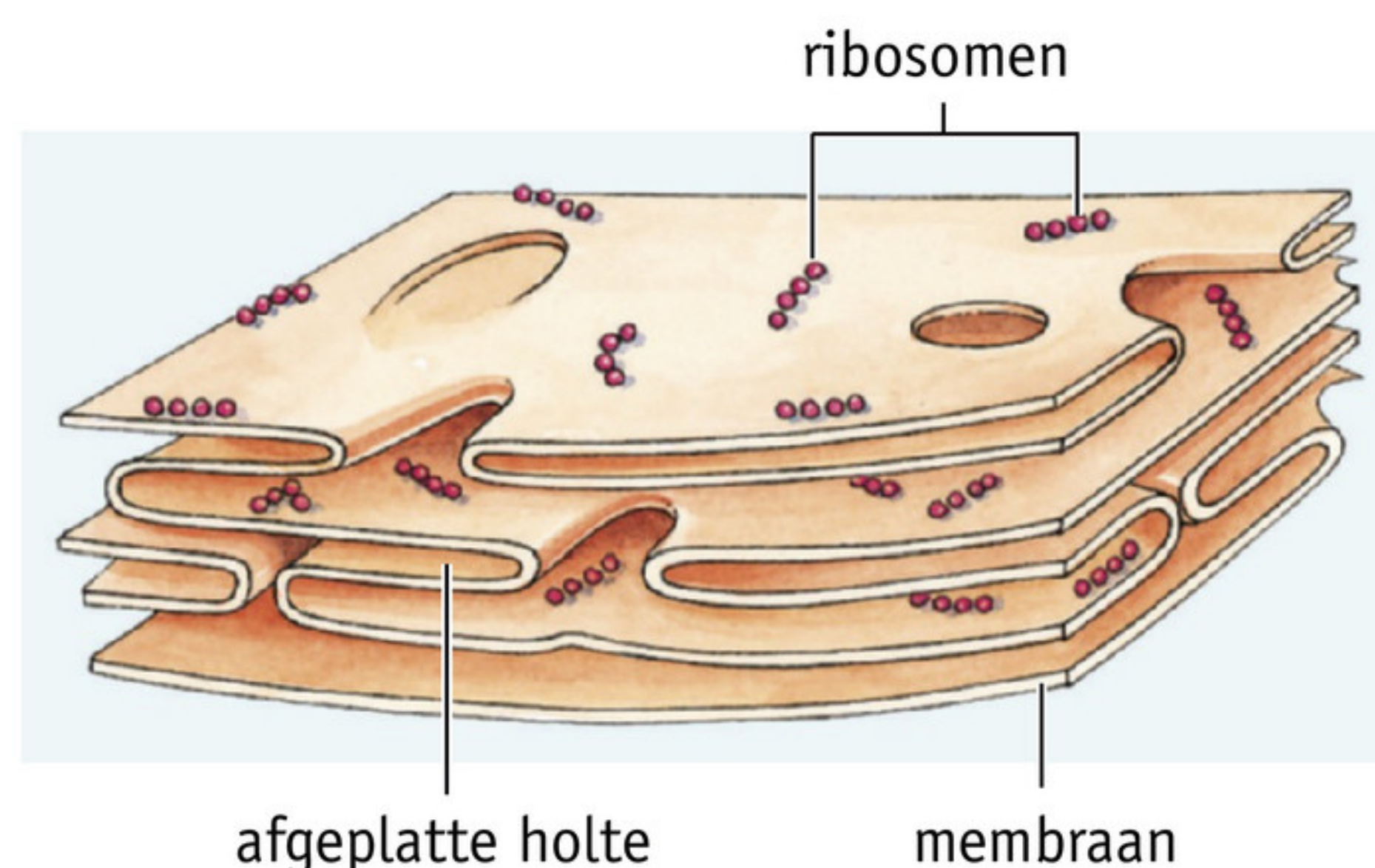
CELKERN

De celkern, vacuolen en plastiden zijn relatief grote organellen die met een lichtmicroscop meestal goed zichtbaar zijn. Wanneer je ze met een elektronenmicroscop bekijkt, zie je meer eigenschappen van deze organellen. Ook zie je dan dat er andere organellen in de cel aanwezig zijn.

De kern bestaat uit **kernplasma** dat is omgeven door het kernmembraan (zie afbeelding 24). Hierin bevinden zich **kernporiën**. Dat zijn openingen waardoor transport van stoffen in en uit het kernplasma mogelijk is. In het kernplasma liggen **chromosomen**. Deze bestaan uit lange moleculen DNA. Het DNA bevat informatie voor de erfelijke eigenschappen van een organisme. Het bepaalt bijvoorbeeld de bouw en functie van een cel. Het kernplasma bevat een **kernlichaampje**. Dit is de plaats waar delen van ribosomen worden gemaakt. Deze delen verlaten de celkern via de kernporiën in het kernmembraan en vormen ribosomen in het cytoplasma.

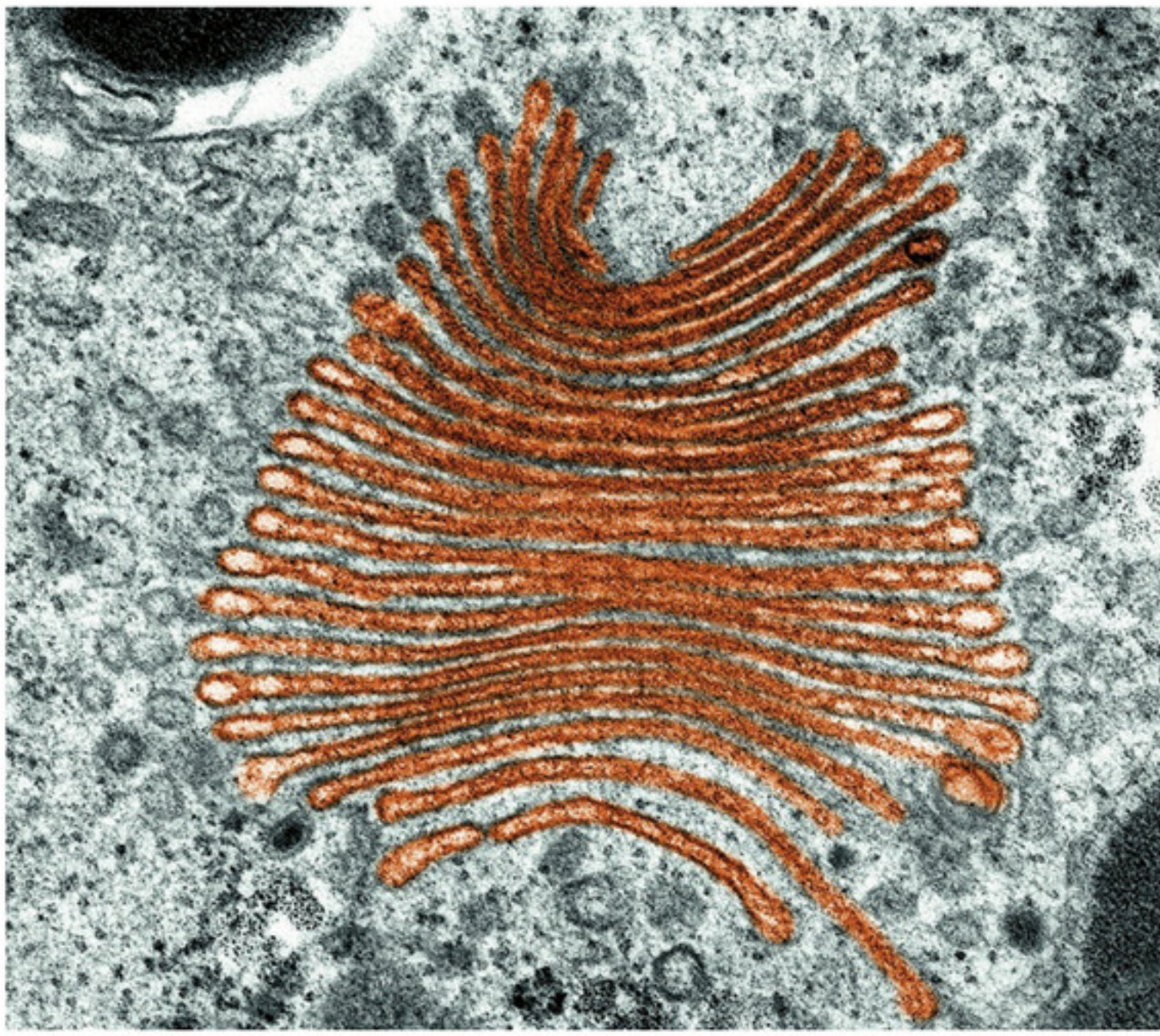
ENDOPLASMATISCH RETICULUM EN GOLGISYSTEEM

In het cytoplasma bevindt zich een uitgebreid netwerk van dubbele membranen dat is aangesloten op het kernmembraan. Dit heet het **endoplasmatisch reticulum**. De membranen liggen bijna tegen elkaar aan en vormen afgeplatte holten en kanaaltjes (zie afbeelding 25). De ruimten tussen de membranen staan met elkaar in verbinding. Er zijn twee typen endoplasmatisch reticulum: ruw en glad. Op de membranen van **ruw endoplasmatisch reticulum** (RER) bevinden zich **ribosomen**. Dat zijn kleine bolvormige organellen die eiwitten produceren (eiwitsynthese). Ribosomen komen ook vrij in het cytoplasma voor. Ribosomen op het ruw endoplasmatisch reticulum geven de eiwitten af in de holten van de membranen. De eiwitten worden in blaasjes, die afsnoeren van de membranen van het endoplasmatisch reticulum, verder getransporteerd voor bewerking. Glad endoplasmatisch reticulum (GER) heeft geen ribosomen.



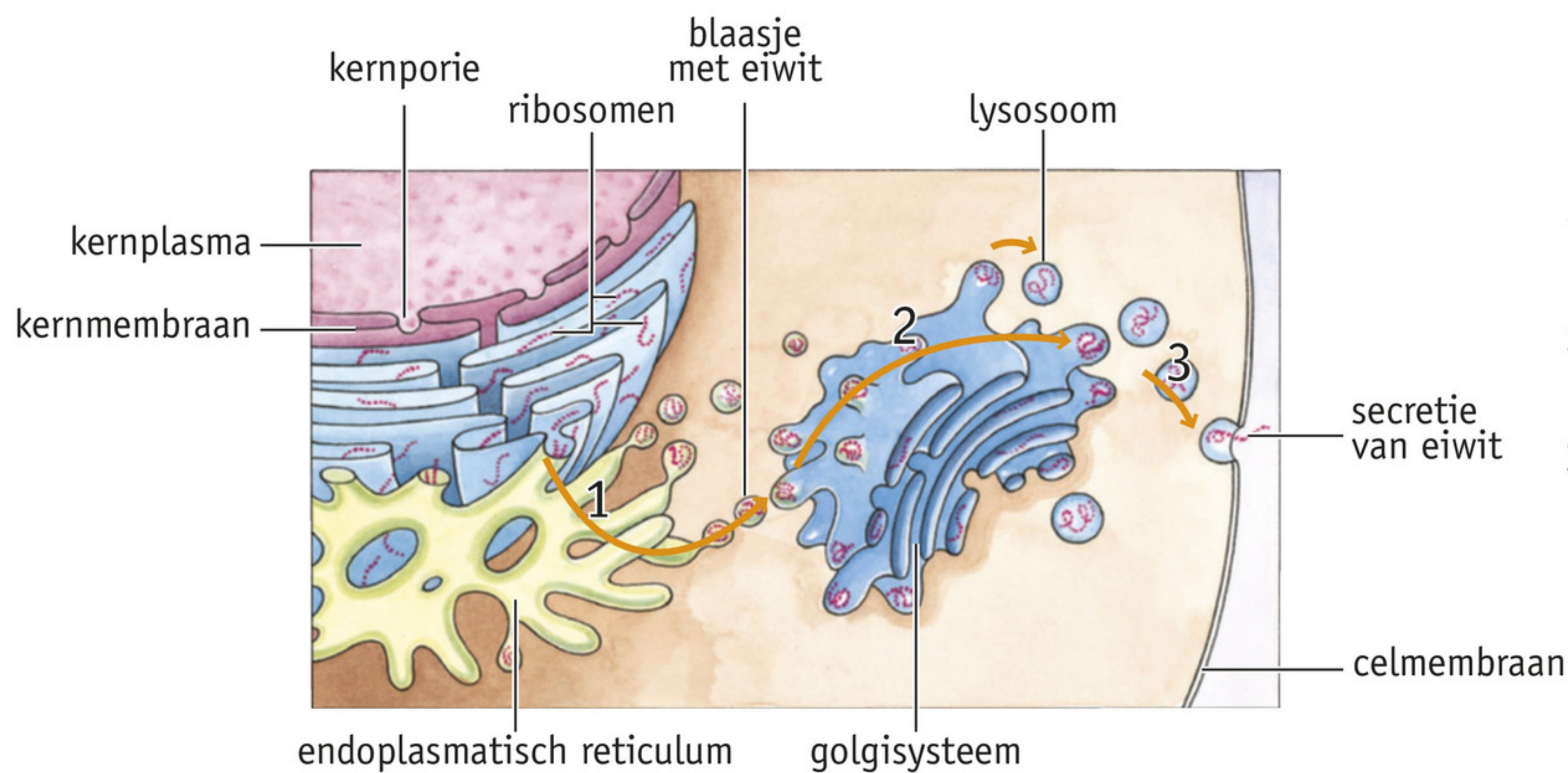
2 schematische tekening

▼ **Afb. 26** Een stapel membranen van het golgisysteem (TEM, gekleurd, 7000×).



De eiwitmoleculen in de blaasjes die het ruw endoplasmatisch reticulum afsnoert, hebben nog niet de uiteindelijke vorm. Het **golgisysteem** neemt deze blaasjes op. Het golgisysteem bestaat uit opeengestapelde platte membranen in het cytoplasma van de cel (zie afbeelding 26). Het golgisysteem bewerkt de eiwitmoleculen totdat ze hun definitieve vorm hebben. Dan snoert het golgisysteem de eiwitten in blaasjes af. Sommige blaasjes versmelten vervolgens met het celmembraan en geven de eiwitten buiten de cel af. Het afsnoeren van blaasjes door het celmembraan om stoffen naar buiten de cel te transporteren, noem je **exocytose**. Het afgeven van stoffen door cellen noem je **secretie**. In cellen van klieren (bijvoorbeeld een speekselklier) en in cellen van slijmvlies vindt veel secretie plaats. Andere blaasjes die van het golgisysteem afsnoeren, blijven in de cel zoals **lysosomen**. De eiwitten in lysosomen zijn enzymen. Enzymen kunnen stoffen afbreken. Wanneer lysosomen samensmelten met blaasjes met voedingsstoffen of afvalstoffen, verteren de enzymen deze stoffen. Vervolgens worden de stoffen in de cel gebruikt of uitgescheiden. In afbeelding 27 zie je de processen van eiwitsynthese tot secretie schematisch weergegeven.

▼ **Afb. 27** Van eiwitsynthese tot secretie.

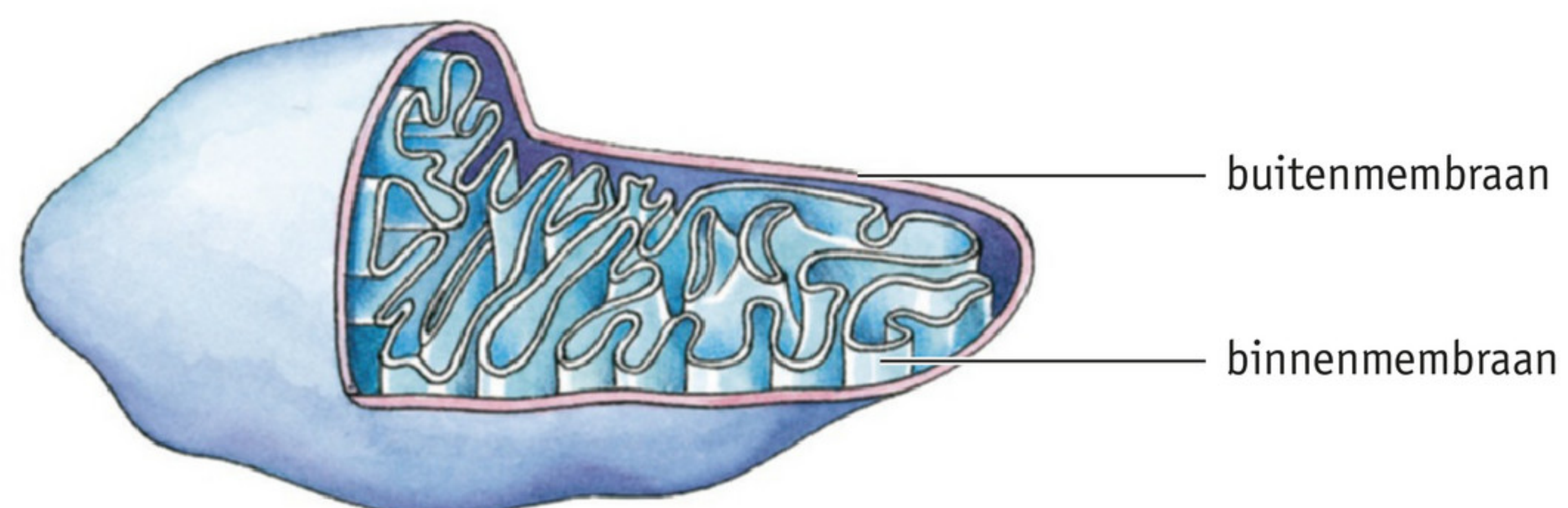
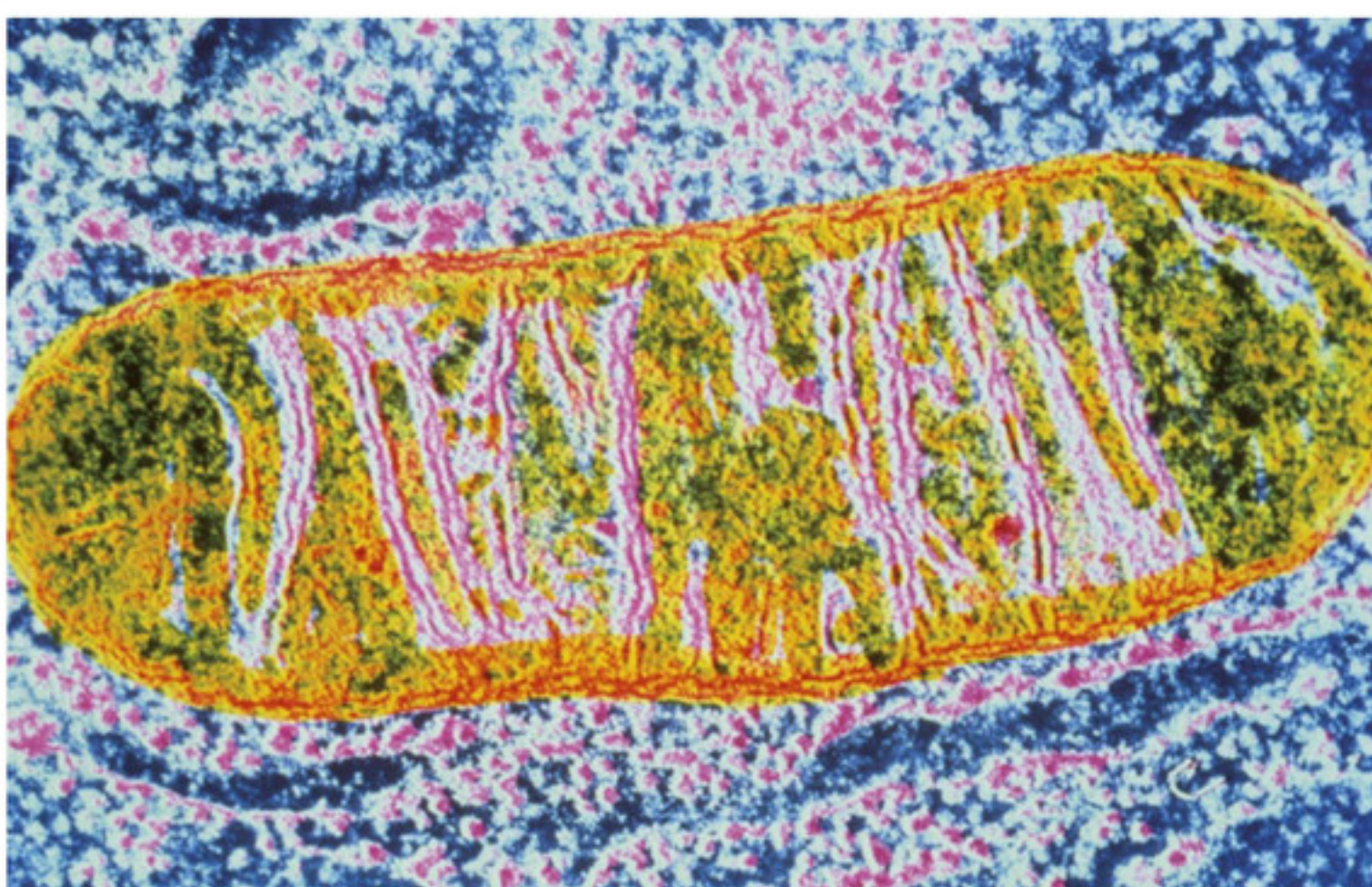


- 1 Van het ruw endoplasmatisch reticulum snoeren zich blaasjes met eiwitmoleculen af.
- 2 In het golgisysteem krijgen de eiwitmoleculen hun uiteindelijke vorm.
- 3 Van het golgisysteem snoeren zich blaasjes af, waarna secretie van eiwitten kan plaatsvinden.

MITOCHONDRIËN EN BLADGROENKORRELS

Mitochondriën (enkelvoud: mitochondrium) zijn bolvormige organellen. Ze hebben dubbele membranen waarvan het binnenmembraan sterk geplooid is (zie afbeelding 28). In het cytoplasma van mitochondriën vindt met behulp van zuurstof verbranding plaats waarbij energie vrijkomt. De vrijgemaakte energie wordt tijdelijk opgeslagen in moleculen van de stof **ATP** (adenosinetriphosfaat). De enzymen die nodig zijn voor de productie van ATP liggen in het binnenmembraan van het mitochondrium. ATP is de belangrijkste energieleverancier voor processen in de cel. De ATP-moleculen kunnen vanuit het mitochondrium naar

▼ **Afb. 28** Een mitochondrium.



1 elektronenmicroscopische foto (TEM, 37 000×)

2 schematische tekening

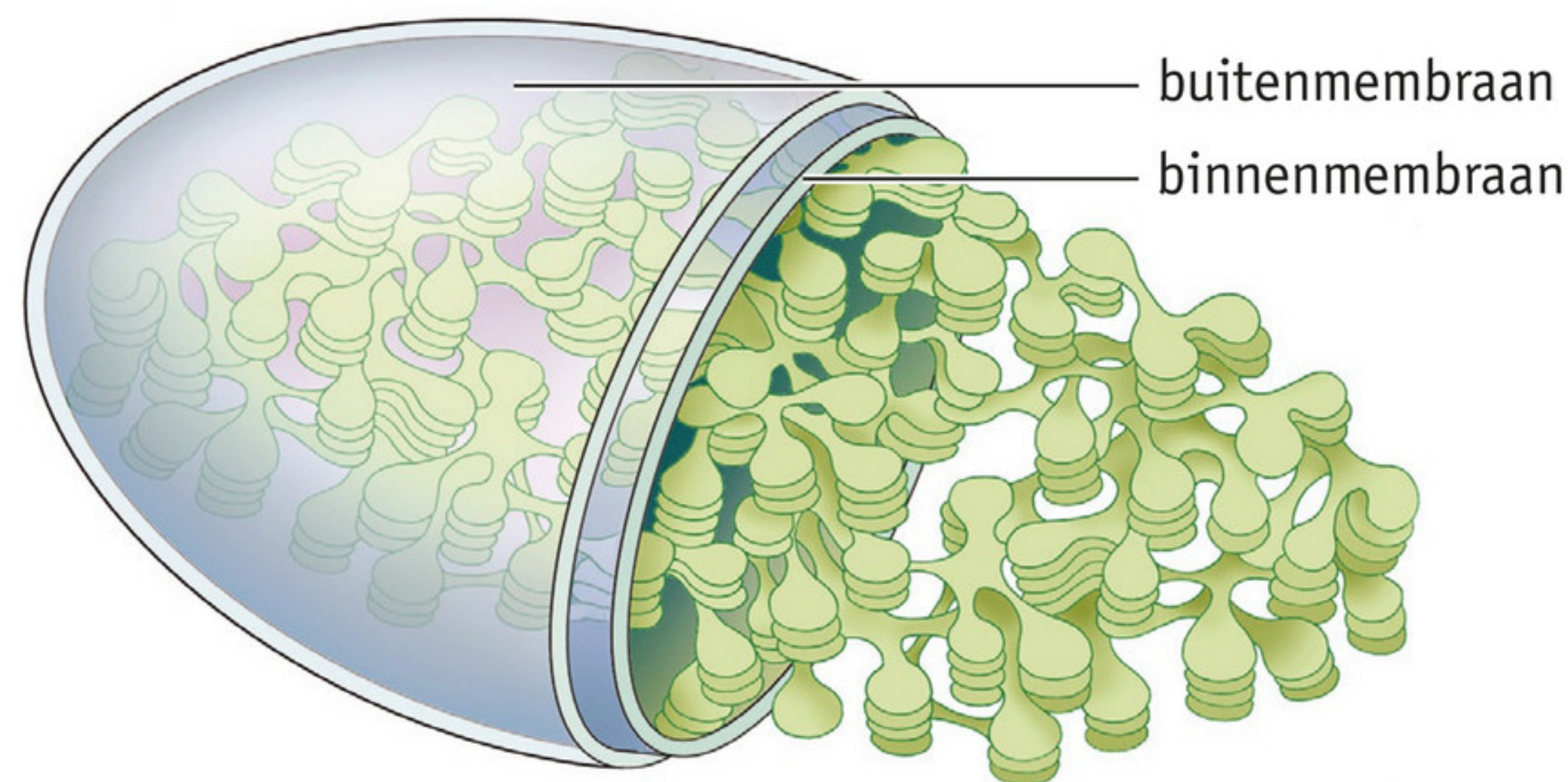
het cytoplasma. Als ergens in de cel energie nodig is, wordt die vrijgemaakt uit de ATP-moleculen. Het aantal mitochondriën in een cel is afhankelijk van de activiteit van de cel.

Plantaardige cellen bevatten bladgroenkorrels. Tijdens de fotosynthese zetten bladgroenkorrels lichtenergie van de zon om in glucose. Ze bezitten net als mitochondriën een dubbel membraan (zie afbeelding 29). Binnenin bevinden zich membranen die een soort platte blaasjes vormen met daartussen verbindingen. De platte blaasjes lijken gerangschikt te liggen als stapels munten. In deze membranen liggen de enzymen voor de fotosynthese.

▼ **Afb. 29** Een bladgroenkorrel.



1 elektronenmicroscopische foto (TEM, 16 000x)

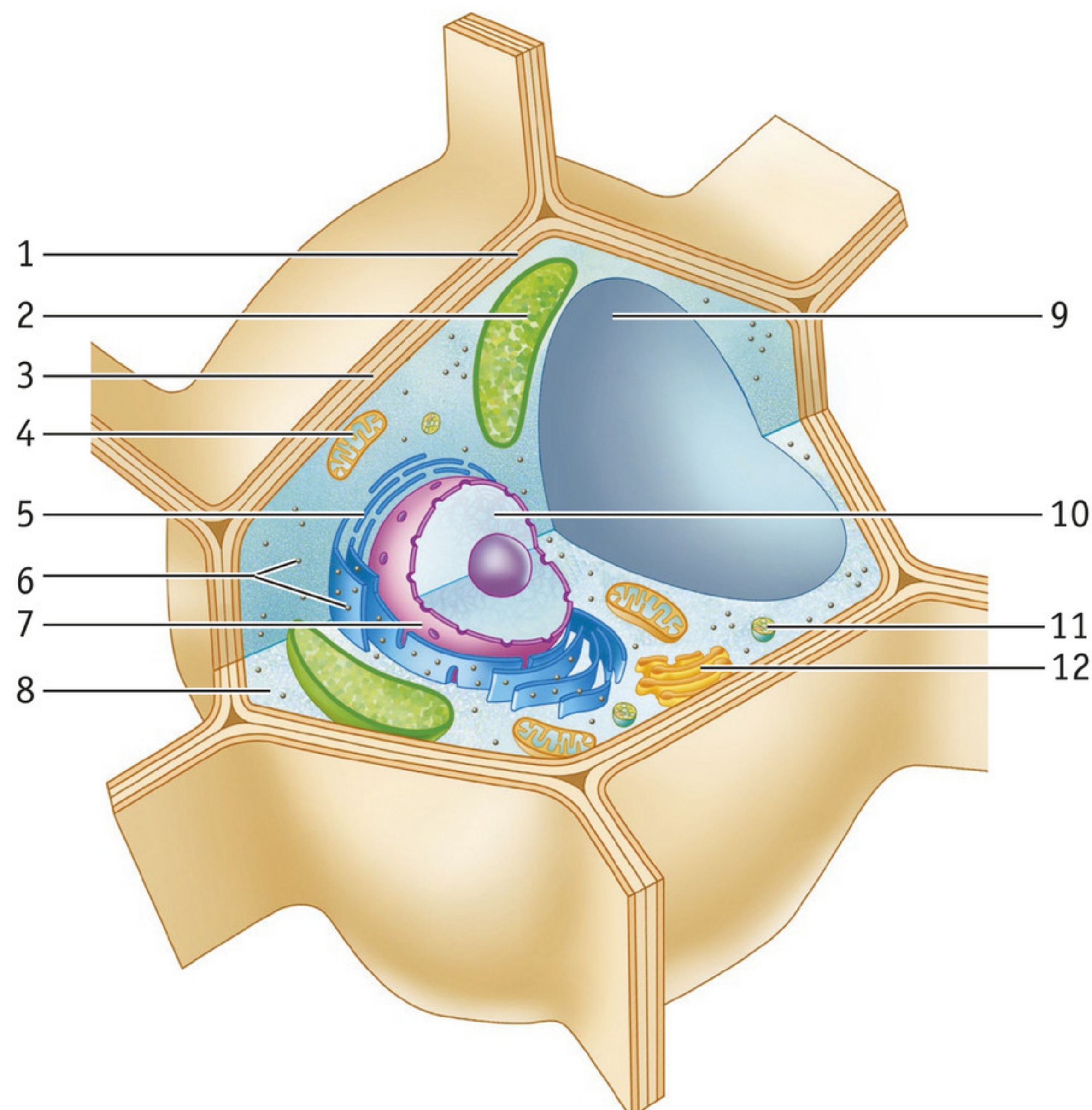


2 schematische tekening

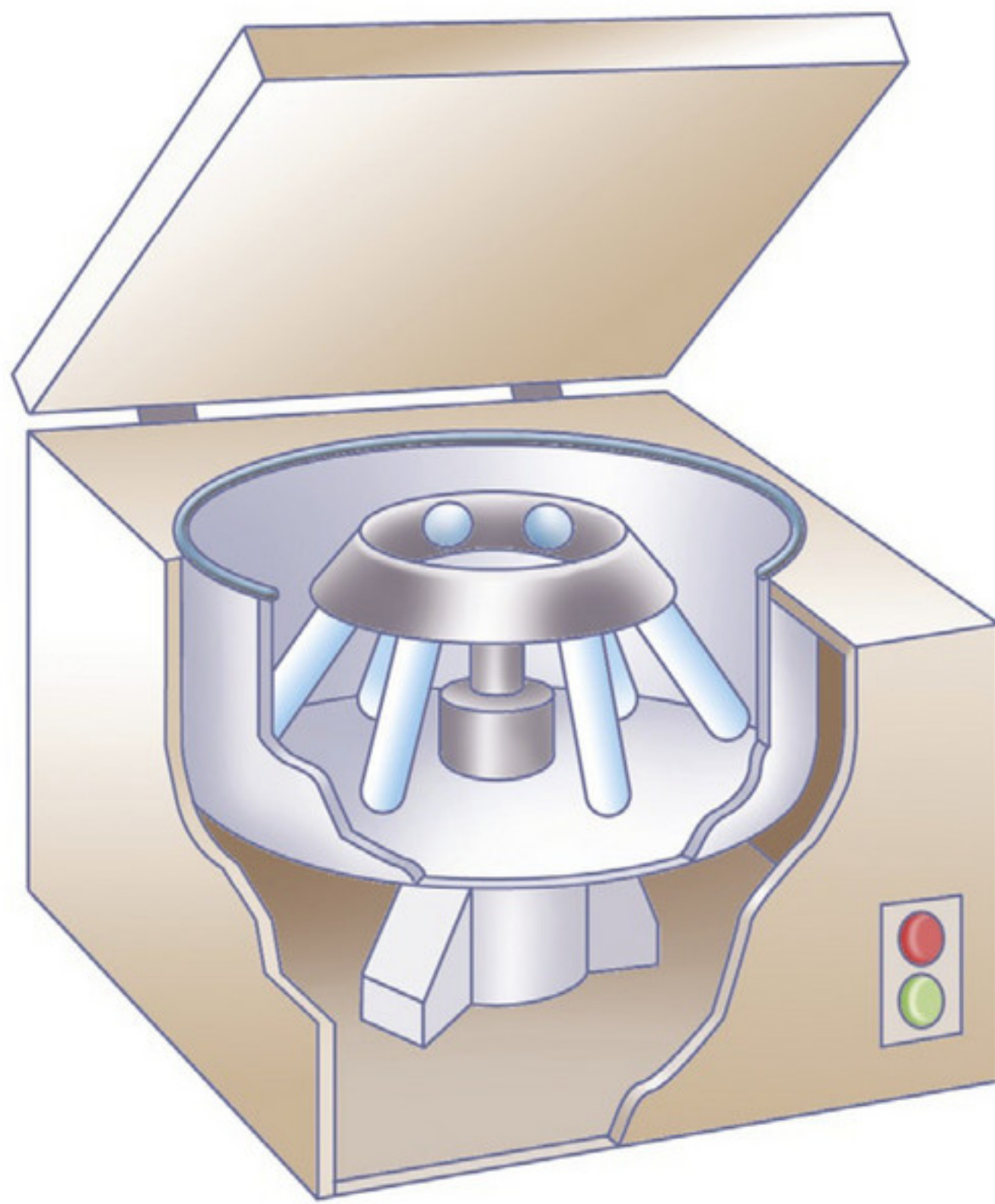
opdrachten

- 27 a** In afbeelding 30 zie je een schematische tekening van een plantaardige cel. Noteer de namen van de genummerde delen.
- b** Noteer de functies van de genummerde delen 1 tot en met 7, 9, 11 en 12.
- c** Aan welke drie delen kun je zien dat afbeelding 30 een plantaardige cel voorstelt?

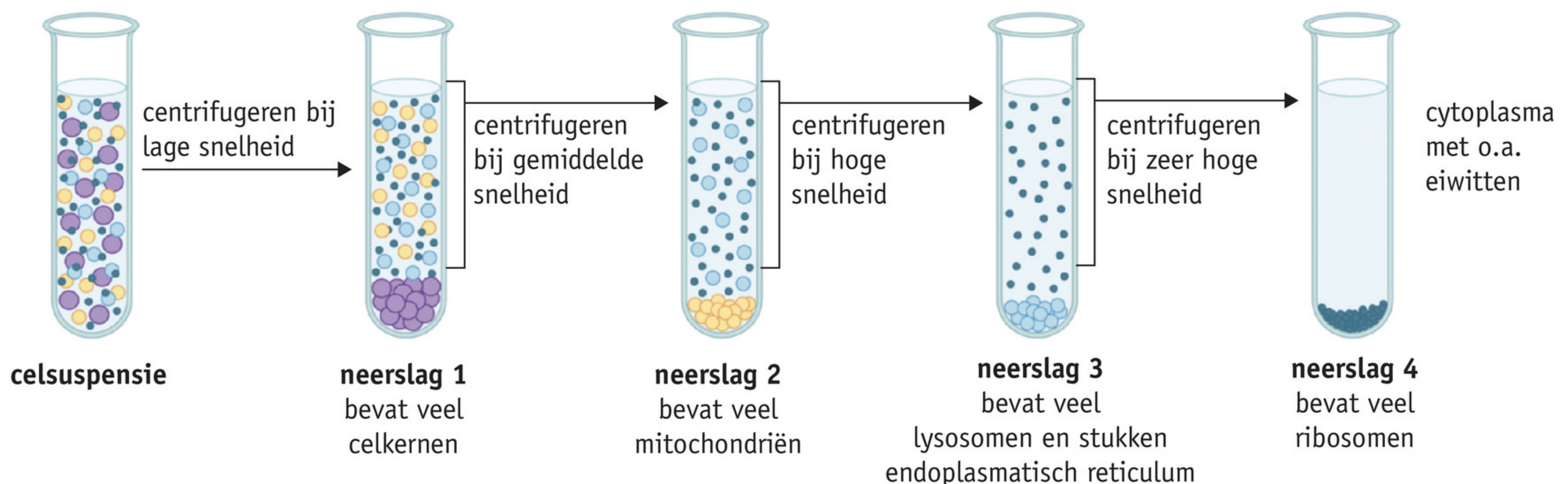
► **Afb. 30** Een plantaardige cel.



▼ **Afb. 31** Een centrifuge voor celfractionering.



▼ **Afb. 32** Het resultaat van het centrifugeren na celfractionering.



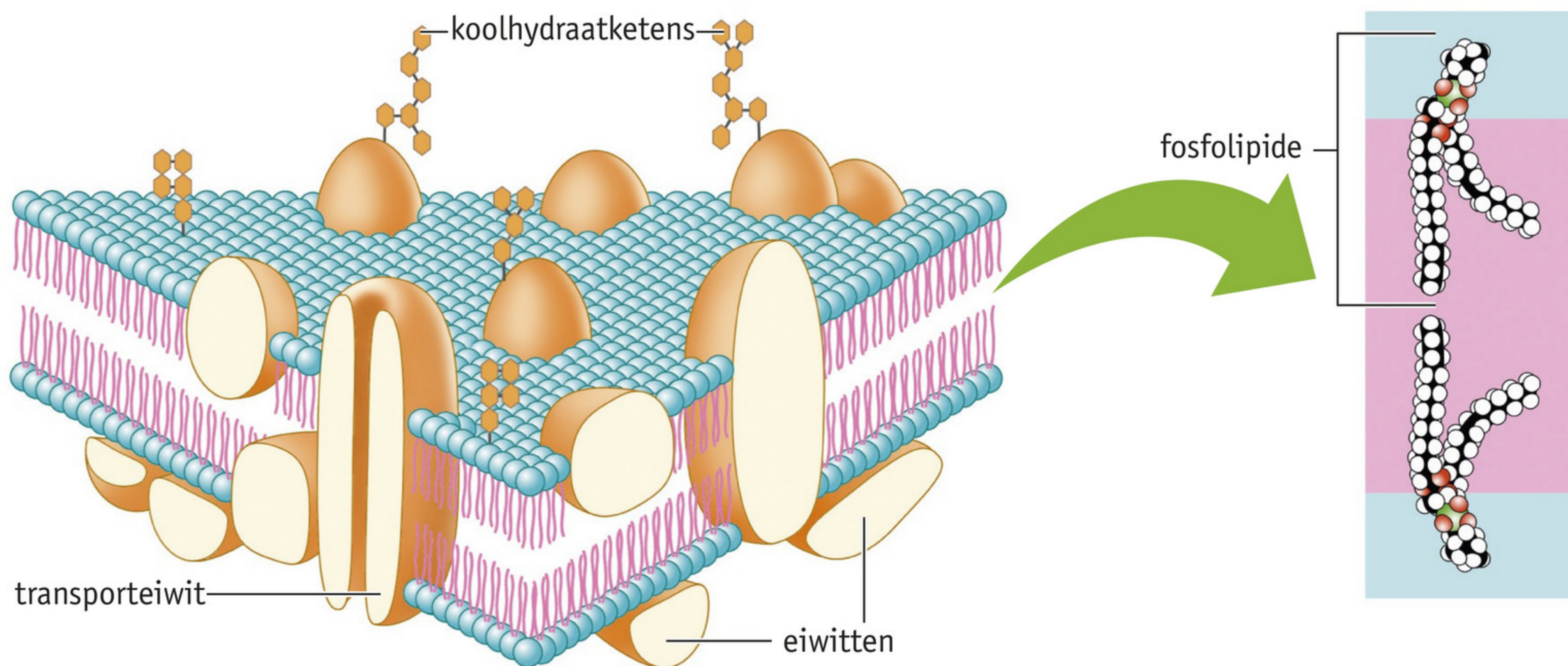
- 28** Celorganellen in een cel verschillen in grootte en in massa. Het verschil in massa kun je gebruiken om delen van cellen van elkaar te scheiden. Daarvoor maak je cellen van een weefsel los van elkaar en maak je de celmembranen kapot. Je krijgt dan een mengsel met alle vaste delen van de cellen. Het mengsel gaat in een centrifuge (zie afbeelding 31). Bij lage snelheid ontstaat een neerslag van de grootste celorganellen. De bovenste vloeistof gebruik je voor de volgende stap waarbij de centrifuge sneller draait. Dit herhaal je tot ook de kleinste celorganellen neerslaan. Het resultaat zie je in afbeelding 32.
- Een student wil onderzoek doen naar de enzymen die nodig zijn bij het beschikbaar maken van energie. Welke neerslag van de celfractionering zal hij voor zijn onderzoek gebruiken? Leg je antwoord uit.
 - Een andere student wil het transport van eiwitten in de cel bestuderen. Welke neerslag bevat de meeste delen die daarbij een rol spelen? Leg je antwoord uit.
 - Neerslag 4 kan bijvoorbeeld worden gebruikt om de productie van bepaalde stoffen te onderzoeken. Welke stoffen?
 - In afbeelding 32 is niet aangegeven in welke neerslag het golgisysteem kan worden aangetroffen. In welke neerslag verwacht je delen van het golgisysteem aan te treffen? Let hierbij op de bouw van het golgisysteem. Leg je antwoord uit.

- 29** Amylase is een enzym dat zetmeel afbreekt. Cellen in de speekselklieren produceren amylase en geven het via een afvoerbuisje af. Verschillende delen van een cel spelen een rol bij de productie van amylase.
- Welke delen van een cel hebben een functie bij de productie en afgifte van amylase? Zet de delen in de juiste volgorde.
 - Noteer achter ieder deel welke functie het onderdeel heeft.
- 30** Leg uit waarom zaadcellen en spiercellen meer mitochondriën hebben dan andere lichaamscellen.

MEMBRANEN

Cellen nemen stoffen uit hun omgeving op en geven stoffen aan hun omgeving af. Deze stoffen passeren hierbij het celmembraan. Celmembranen bestaan uit een dubbele laag van **fosfolipiden** (vetachtige stoffen) met daartussen eiwitmoleculen (zie afbeelding 33). Veel van deze **membraaneiwitten** spelen een rol bij het transport van stoffen in en uit een cel. Aan sommige eiwitmoleculen en aan

▼ **Afb. 33** De bouw van een membraan.

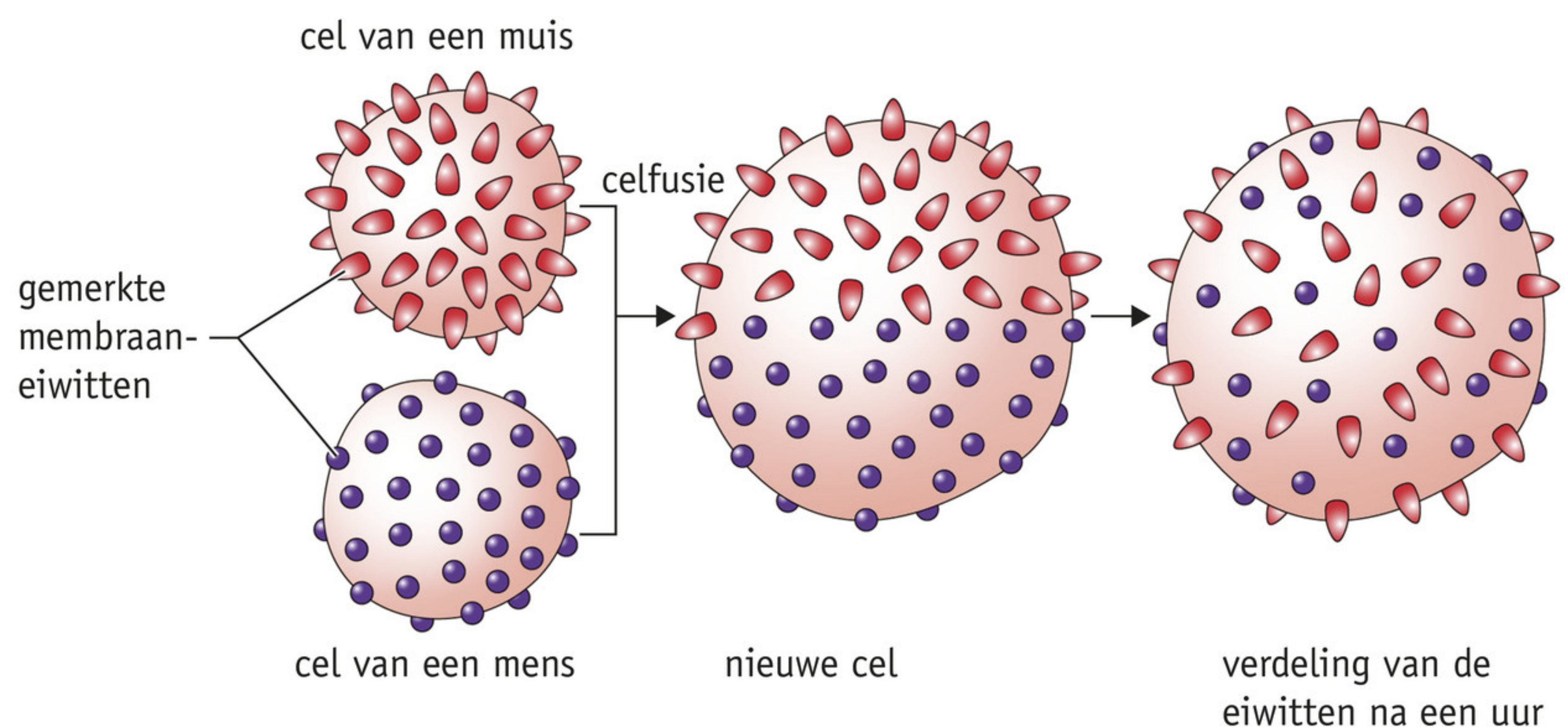


sommige fosfolipiden zitten koolhydraatketens. Die koolhydraatketens spelen een rol bij de herkenning van de cel door andere cellen. De fosfolipidenmoleculen in het membraan zijn voortdurend in beweging waardoor een membraan niet een vaste of harde wand is, maar een dun vloeibaar vliesje. Membranen kunnen hierdoor allerlei vormen aannemen.

opdrachten

- 31** Voedingsmiddelen bevatten voedingsstoffen. Zes groepen voedingsstoffen zijn: eiwitten, koolhydraten, mineralen, vetten, vitaminen en water. Van welke van deze groepen voedingsstoffen kun je met zekerheid zeggen dat ze bouwstenen leveren voor membranen?
- 32** Een onderzoeker heeft de membraaneiwitten van een cel van een muis gemerkt met een rode kleurstof. De membraaneiwitten van een cel van een mens zijn gemerkt met een blauwe kleurstof. Hij laat beide cellen met elkaar fuseren tot een nieuwe cel. Na een uur bekijkt hij het resultaat (zie afbeelding 34). Welke conclusie kan de onderzoeker op grond van dit resultaat trekken?

► **Afb. 34** Twee cellen fuseren tot één cel.



CONTEXT

Leefwereld

In de maag gesplitst

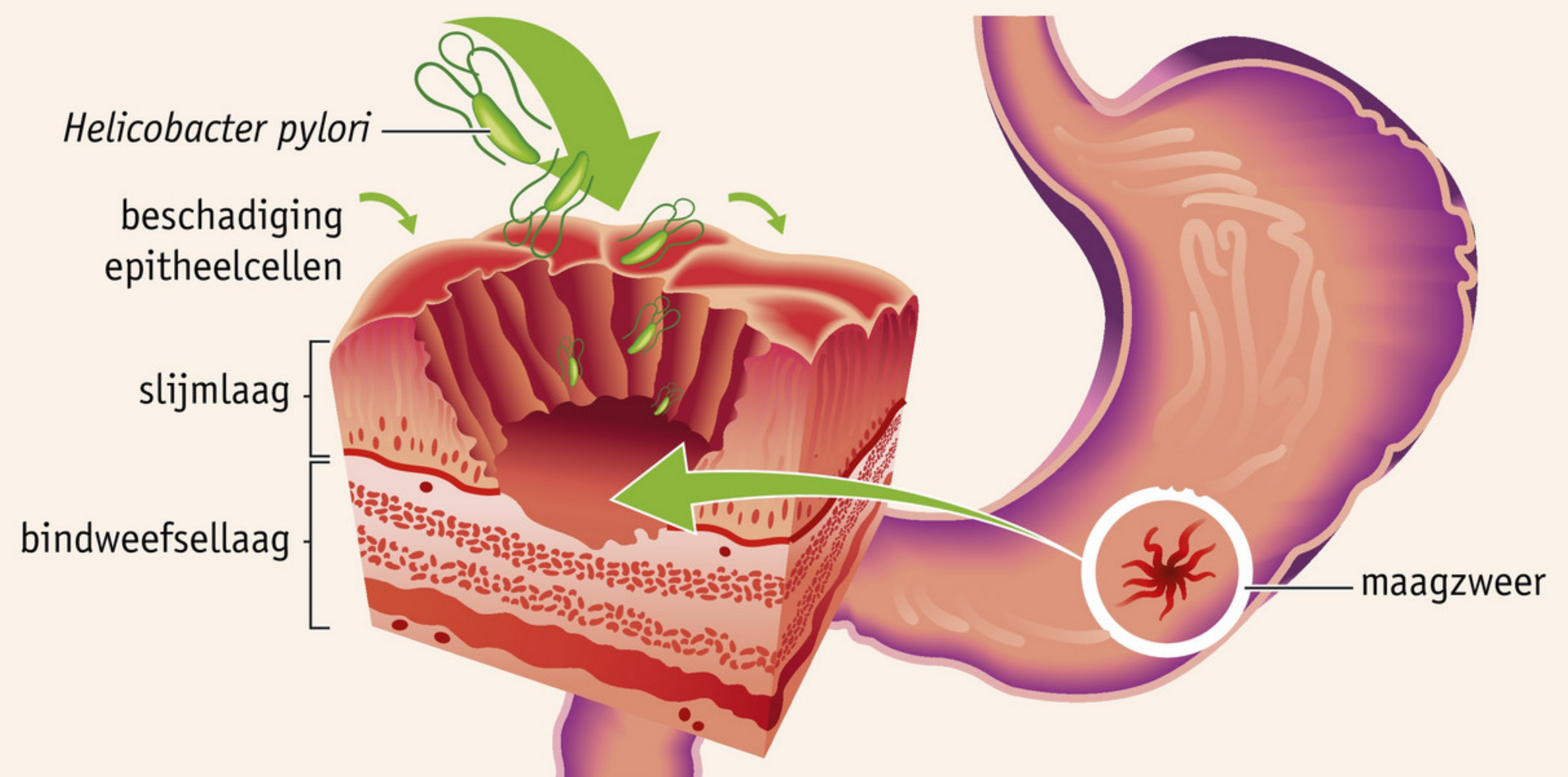
Er is heel lang gedacht dat te veel maagsap en stress de oorzaken waren van een maagzweer. Dat blijkt niet zo te zijn. Bijna altijd is de bacterie *Helicobacter pylori* de oorzaak van het ontstaan van een maagzweer. Stress en andere factoren, zoals roken en alcohol, kunnen maagklachten wel verergeren maar niet veroorzaken.

Bij een maagzweer is de beschermende slijmlaag van de maag beschadigd. Hierdoor kan het zure maagsap in contact komen met de zenuwen in de bindweefsellaag. Dat veroorzaakt hevige pijn.

Hoe kan het dat de bacterie geen last heeft van het zuur? Voor de meeste soorten bacteriën die met het voedsel in de maag komen, is het niet mogelijk om te overleven in de maag. Om zich tegen het zuur te beschermen, maakt *Helicobacter pylori* een enzym dat de stof ureum in de maag omzet in basische stoffen (ammoniak en bicarbonaat). Hierdoor wordt het zuur rondom de bacterie geneutraliseerd, waardoor de bacterie kan overleven.

Bij veel mensen die besmet zijn met *Helicobacter pylori* geeft dat geen aanleiding tot klachten of ziekteverschijnselen. Slechts een klein percentage heeft maagpijn, maagzweren of ontstekingen van het maagslijmvlies of de twaalfvingerige darm.

► **Afb. 35** De bacterie *Helicobacter pylori* veroorzaakt een maagzweer.



opdrachten

- 33 a** Op welk organisatieniveau veroorzaakt de bacterie *Helicobacter pylori* een beschadiging zodat maagsap de bindweefsellaag kan binnendringen?
- b** Maagsap bevat zoutzuur.
Hoe komt het zoutzuur vanuit cellen in de maagwand terecht?
- 34** De meeste soorten bacteriën kunnen niet overleven in de maag. Voor *Helicobacter pylori* is de maag juist een ideale omgeving. Zodra de bacterie zich in de maag heeft gevestigd, kan de bacterie er een mensenleven blijven zitten.
Bedenk twee redenen waarom de maag een ideale leefomgeving is voor *Helicobacter pylori*.

Leerdoel

- Je kunt de concentratie van een oplossing berekenen.
- Je kunt uitleggen wat diffusie en osmose is en toelichten welke rol osmose speelt bij de stevigheid van planten.
- Je kunt beschrijven hoe transport van stoffen via (cel)membranen plaatsvindt.

5 Transport door membranen

Voor een cel vormt het celmembraan de afscheiding met de omgeving. Het membraan van organellen vormt de afscheiding met het cytoplasma. Hoe gaan sommige stoffen bij een cel of bij organellen naar binnen en andere stoffen naar buiten?

CONCENTRATIE

Voor een goed verloop van processen in en om een cel, is het nodig om stoffen een cel in en een cel uit te transporteren. Membranen zijn voor veel stoffen ondoordringbaar. Alleen sommige vetten en enkele kleine moleculen zoals zuurstof, stikstof en koolstofdioxide kunnen membranen ongehinderd passeren. Watermoleculen zijn ook klein en kunnen daardoor membranen wel passeren, maar heel traag.

In cellen vinden allerlei reacties plaats waar energie voor nodig is. De energie is afkomstig van chemische reacties. Voor deze reacties heeft een cel voedingsstoffen nodig. Er ontstaan afvalstoffen bij deze reacties. De concentratie van de stoffen die energie leveren neemt zo af. De concentratie van afvalstoffen neemt toe en daarmee de afgifte van afvalstoffen. De stoffen gaan door het celmembraan van een cel en de membranen van de organellen heen. Het verschil in concentratie van de stoffen aan weerszijde van een membraan is daarbij belangrijk.

Bij organismen zijn stoffen opgelost in water. Water is een oplosmiddel. Een **oplossing** bestaat uit een oplosmiddel en een of meer opgeloste stoffen. De **concentratie** geeft de hoeveelheid opgeloste stof in een bepaalde hoeveelheid oplosmiddel aan. De hoeveelheid opgeloste stof kun je aangegeven met gram per liter (g/L of g L^{-1}) of gram per kubieke decimeter (g/dm^3 of g dm^{-3}). Het is ook mogelijk de concentratie aan te geven in gewichtseenheden. Meestal gebruik je dan procenten. Een erg lage concentratie van een stof kun je uitdrukken in **ppm** (parts per million). 1 ppm komt overeen met een concentratie van 0,0001%.

Een voorbeeld: voor een infuus wordt vaak een fysiologische zoutoplossing gebruikt dat in de bloedbaan komt van een patiënt. Dit is een oplossing van 0,9% keukenzout. De concentratie in procenten bereken je altijd ten opzichte van de totale oplossing. Een fysiologische zoutoplossing kun je maken door 9 g keukenzout op te lossen in 991 g water.

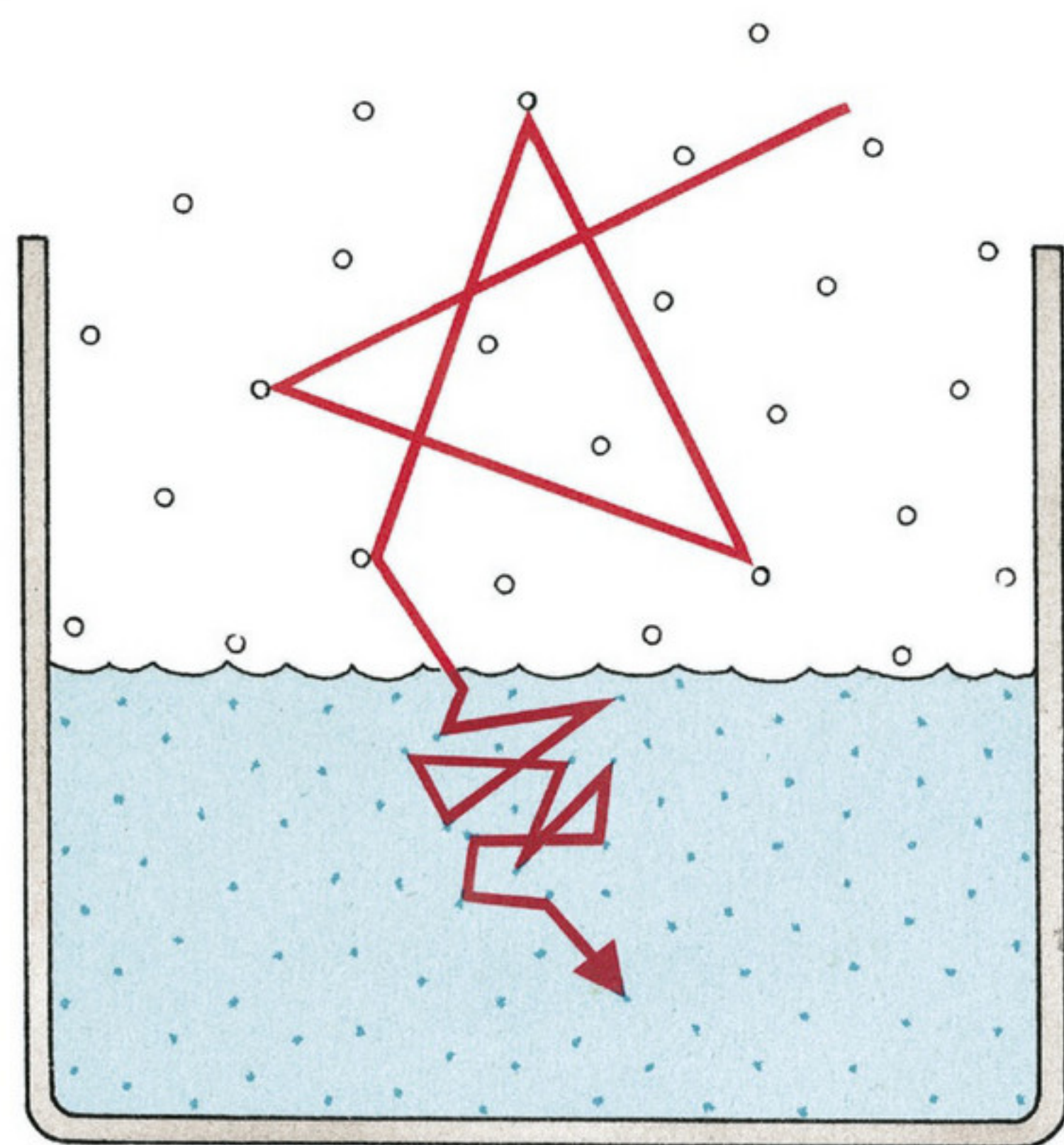
opdrachten

- 35 a** Je maakt 250 mL fysiologische zoutoplossing. Hoeveel gram keukenzout moet je dan oplossen?
- b** Je maakt 20 g keukenzoutoplossing van 5%. Hoeveel gram zout en hoeveel gram water heb je dan nodig?
- c** Kristel lost 3 g keukenzout en 2 g suiker op in 20 g water. Hoe groot is de zoutconcentratie in de oplossing die ze krijgt? En hoe groot is de suikerconcentratie?
- 36** In 2015 was de gemiddelde concentratie koolstofdioxide in de lucht 0,04%. Hoeveel ppm was dit?

▼ **Afb. 36** Diffusie van een kleurstof in water.



▼ **Afb. 37** De afgelegde weg van een gasmolecuul in water en lucht.



- 37 Een glas bier heeft een inhoud van 250 mL. Het alcoholpercentage is 5%.
- Hoeveel milliliter alcohol krijgt iemand binnen die twee glazen bier drinkt?
 - Alcohol heeft bij kamertemperatuur een massa van 800 g per liter. Hoeveel gram alcohol krijg je binnen als je twee glazen bier drinkt?

DIFFUSIE

Als je in de hoek van het lokaal een gaskraan even openzet, ruik je een tijdje later overal in de klas gas. De gasmoleculen vermengen zich met de lucht en verspreiden zich over de hele ruimte. Als je in een glas water een geconcentreerde oplossing van een kleurstof druppelt en deze enige tijd laat staan, dan vermengt de kleurstof zich met het water (zie afbeelding 36). Na een tijdje is het gehele glas water gekleurd. Dit verschijnsel heet **diffusie**. Diffusie is de verplaatsing van een stof van een plaats met een hoge concentratie naar een plaats met een lage concentratie van die stof. De afgifte van zuurstof door plantaardige cellen en de opname van zuurstof door dierlijke cellen vindt bijvoorbeeld plaats door diffusie.

Diffusie vindt plaats in een gasvormig of vloeibaar medium doordat de moleculen van gassen en vloeistoffen bewegen. Het medium kan bijvoorbeeld lucht of water zijn. De bewegingen van de moleculen zijn ongericht. Elk molecuul beweegt in een rechte lijn tot het tegen een ander molecuul botst. Door de botsing verandert de richting van de beweging. Hierdoor bewegen moleculen naar alle kanten door de ruimte die de vloeistof of het gas inneemt (zie afbeelding 37). Door diffusie verdelen moleculen zich gelijkmatig (homogeen) over de beschikbare ruimte. De concentratie is daardoor uiteindelijk overal gelijk. Er is dan een netto verplaatsing opgetreden van moleculen (zowel van het oplosmiddel als de opgeloste stof) van plaatsen met de hoogste concentratie naar plaatsen met de laagste concentratie. In een ruimte met een gas of oplossing waarbij de concentratie overal gelijk is, bewegen de moleculen nog steeds maar blijft de concentratie overal gelijk.

De snelheid waarmee de moleculen van een opgeloste stof zich homogeen over de ruimte verdelen, heet de **diffusiesnelheid**. De diffusiesnelheid is afhankelijk van de temperatuur. Bij een stijgende temperatuur is er een toename van de bewegingssnelheid van moleculen en worden botsingen tussen moleculen krachtiger. De moleculen verspreiden zich dan sneller over een ruimte. De diffusiesnelheid hangt ook af van de stof waarin de diffusie plaatsvindt (het medium). De dichtheid van de moleculen in water is veel groter dan de dichtheid van de moleculen in lucht. Wanneer moleculen dichter op elkaar zitten, zijn er veel meer botsingen, waardoor de diffusiesnelheid afneemt.

opdracht

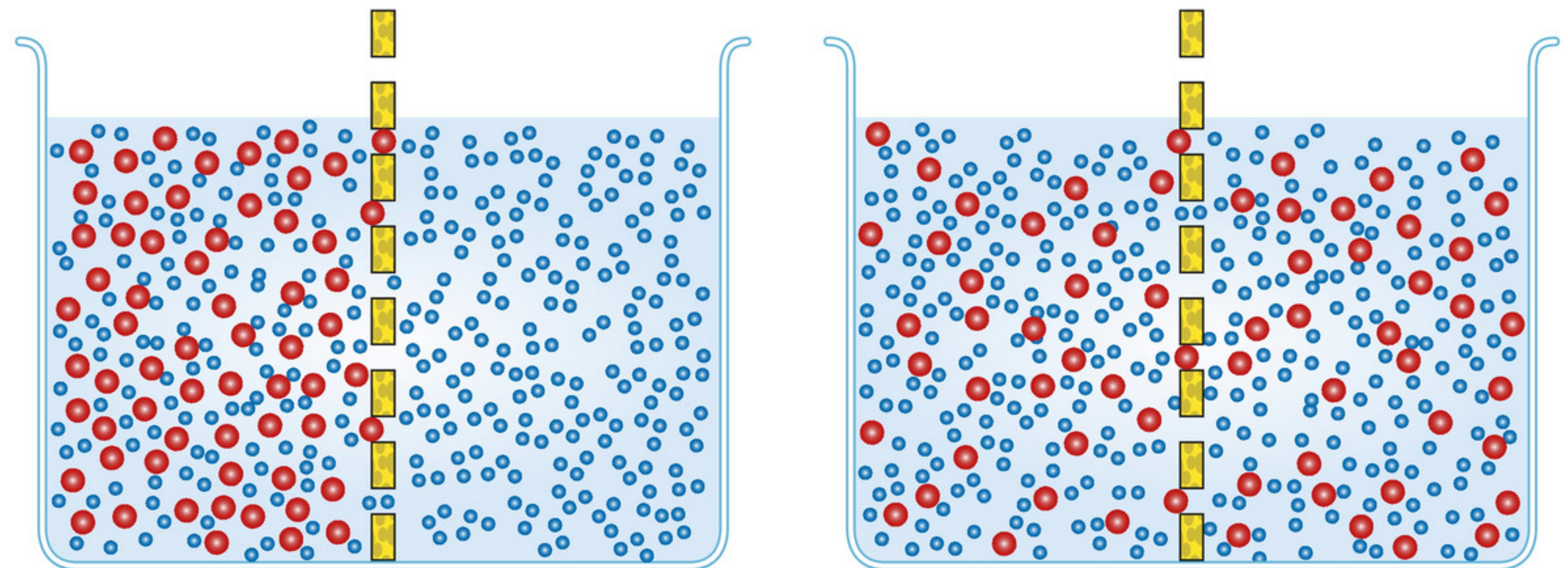
- 38 Gaat diffusie in lucht sneller of langzamer dan in water? Leg uit hoe dit komt.

► PRACTICUMOPDRACHT 5 EN 6

OSMOSE

Vloeistoffen of gassen kunnen gescheiden zijn door een wand met poriën (zie afbeelding 38). Als de moleculen kleiner zijn dan de poriën in de wand, kunnen ze passeren en kan diffusie optreden. Zo'n wand noem je **doorlatend** of **permeabel**.

► **Afb. 38** Diffusie door een permeabele wand.

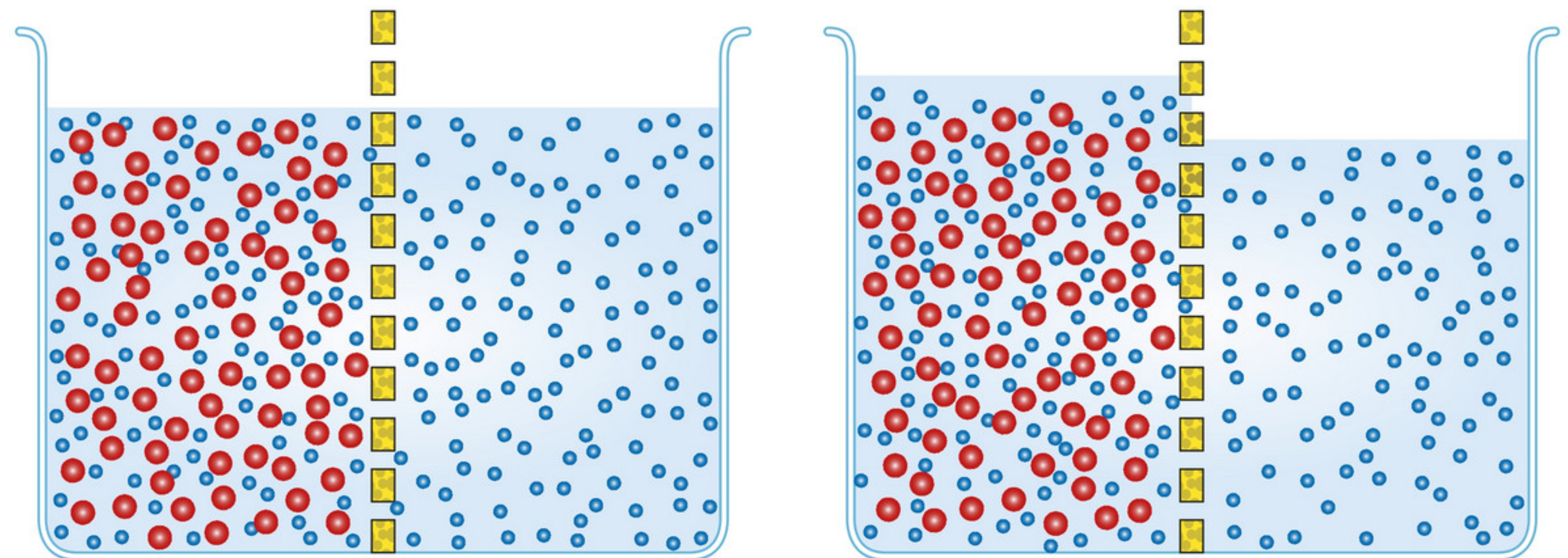


1 Een oplossing (links) en water (rechts) zijn gescheiden door een permeabele wand.

2 Na enige tijd is er een homogene verdeling van de moleculen; de concentratie is aan beide kanten van de wand gelijk.

Vloeistoffen of gassen kunnen ook gescheiden zijn door een wand met poriën waar kleine moleculen wel doorheen kunnen maar grote moleculen niet. Zo'n wand noem je **semipermeabel** of **selectief permeabel**. In afbeelding 39 bevindt zich links van de wand een oplossing en rechts alleen water. De wand is semipermeabel: watermoleculen kunnen er wel doorheen maar de moleculen van de opgeloste stof niet. Watermoleculen gaan dan door diffusie van de plaats met de meeste watermoleculen (het water rechts) naar de plaats met de minste watermoleculen (de oplossing links). Het vloeistofniveau van de oplossing stijgt hierdoor en de concentratie van de opgeloste stoffen in de oplossing neemt hierdoor af. Het waterniveau rechts daalt. Dit proces van diffusie van water door een semipermeabel membraan heet **osmose**.

► **Afb. 39** Diffusie van water door een semipermeabel membraan (osmose).



1 Een oplossing (links) en water (rechts) zijn gescheiden door een semipermeabele wand.

2 Na enige tijd is er diffusie van watermoleculen opgetreden van rechts naar links waardoor het vloeistofniveau in de linkerhelft is gestegen en het vloeistofniveau in de rechterhelft is gedaald.

OSMOTISCHE WAARDE

Door de concentratie aan opgeloste stoffen heeft een oplossing een bepaalde **osmotische waarde**. De osmotische waarde wordt bepaald door het aantal opgeloste deeltjes per volume-eenheid. Hoe meer deeltjes zich in de oplossing bevinden, hoe hoger de osmotische waarde is. Het maakt hierbij niet uit welke stof is opgelost, alleen het aantal deeltjes per volume-eenheid telt. Sommige stoffen vallen in water uiteen in ionen. Bijvoorbeeld wanneer je keukenzout (NaCl) oplost in water, dan valt dat uiteen in natriumionen (Na⁺-ionen) en chloride-ionen (Cl⁻-ionen). Bij het oplossen van glucose gebeurt dit niet. Een oplossing met een bepaald aantal moleculen NaCl heeft daardoor een hogere osmotische waarde dan een oplossing met hetzelfde aantal moleculen glucose.

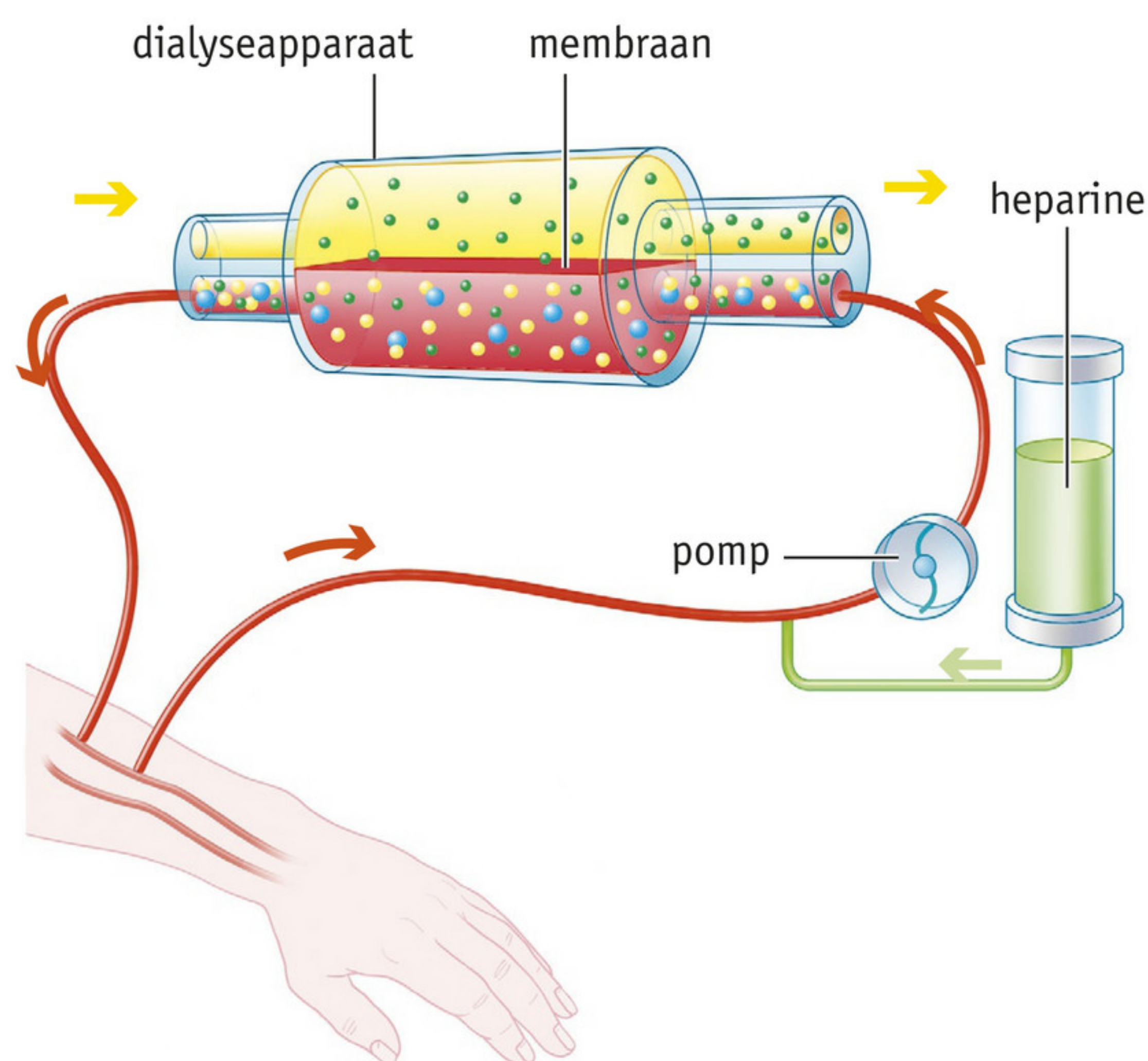
Wanneer twee oplossingen met een verschillende osmotische waarde zijn gescheiden door een semipermeabel membraan, gaat er water van de oplossing met de laagste osmotische waarde naar de oplossing met de hoogste osmotische waarde.

Door osmose kunnen oplossingen van verschillende concentraties aan beide zijden van een semipermeabel membraan een gelijke concentratie krijgen. In de bak van afbeelding 39 veroorzaakt de zwaartekracht een tegenwerkende kracht waardoor het waterniveau in het linkerdeel niet blijft stijgen. De concentraties aan beide zijden van het semipermeabele membraan worden dan niet gelijk.

opdrachten

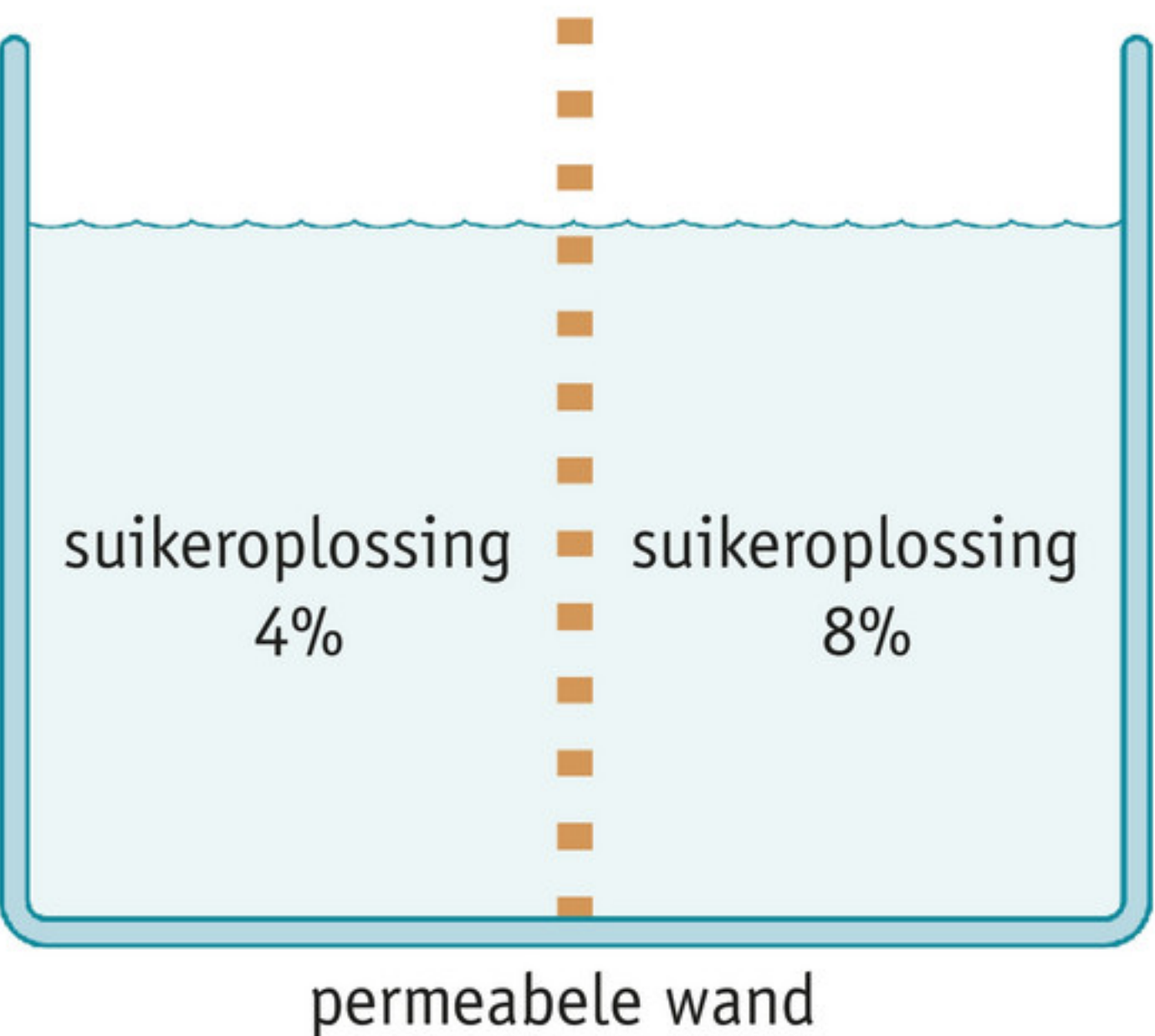
- 39 Mensen met slecht functionerende nieren zijn vaak afhankelijk van een nierdialyse. Een nierdialyseapparaat reinigt hun bloed. In afbeelding 40 zie je de werking van een nierdialyse schematisch weergegeven. Het membraan tussen de dialysevloeistof en het bloed laat bepaalde stoffen wel door en andere niet. Hoe noem je zo'n membraan?

► Afb. 40 Nierdialyse (schematisch).

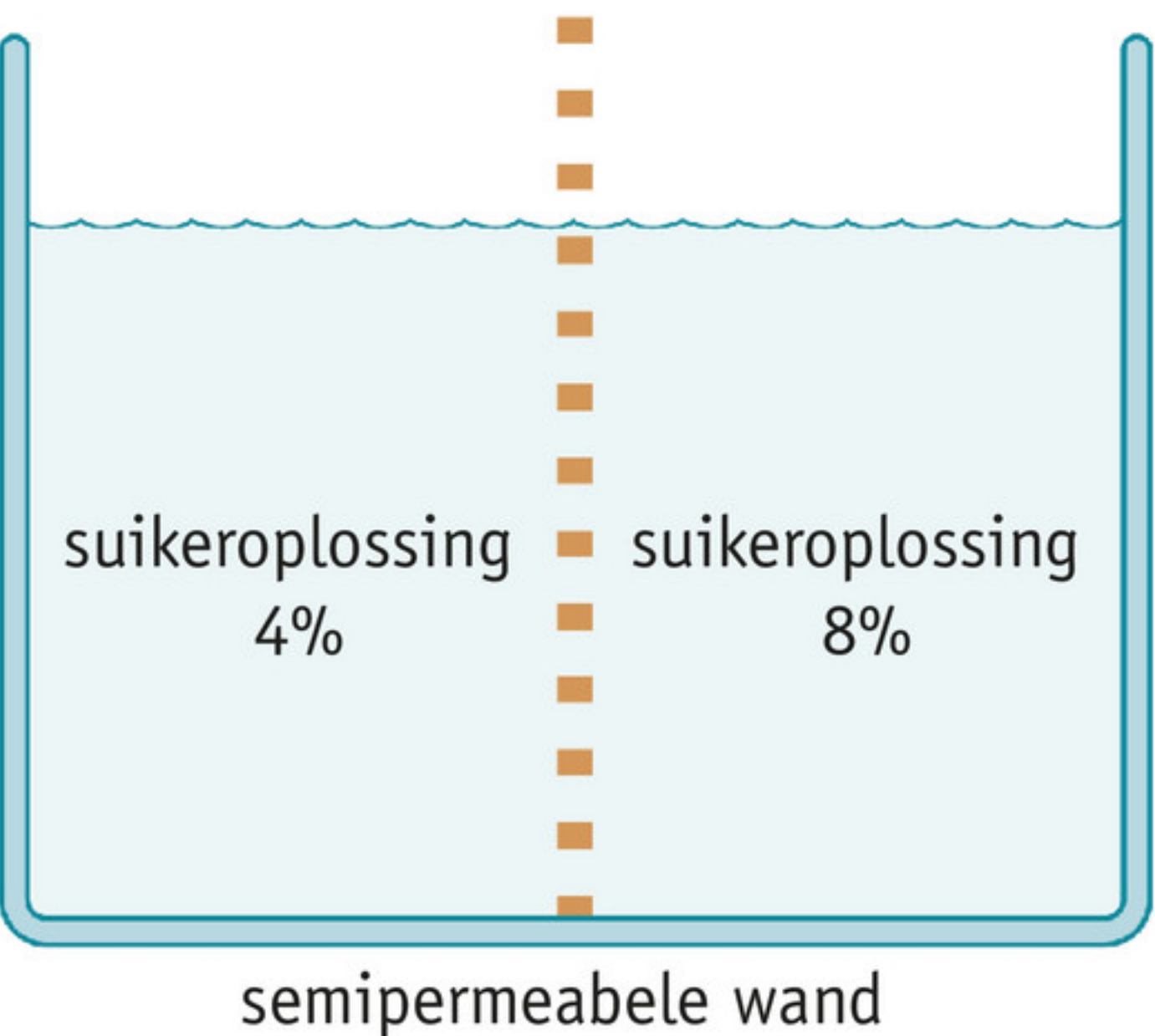


- 40 Osmose is ook een vorm van diffusie. Welke stof gaat bij osmose van een hoge naar een lage concentratie?

▼ Afb. 41



▼ Afb. 42



- 41 In afbeelding 41 zie je een bak die door een permeabele wand in twee helften is verdeeld. Links bevindt zich een suikeroplossing van 4%. Rechts een suikeroplossing van 8%.
- a In welk deel van de bak bevinden zich de meeste suikermoleculen, direct na het vullen van de bak? Leg je antwoord uit.
- b Wat wordt de suikerconcentratie in de hele bak als de suikermoleculen zich gelijk over beide oplossingen verdelen?
- 42 In afbeelding 42 zie je een bak die door een semipermeabele wand in twee helften is verdeeld. Links bevindt zich een suikeroplossing van 4%. Rechts een suikeroplossing van 8%.
- a Is de concentratie suikermoleculen en watermoleculen laag of hoog ten opzichte van de andere oplossing? Vul het schema in.

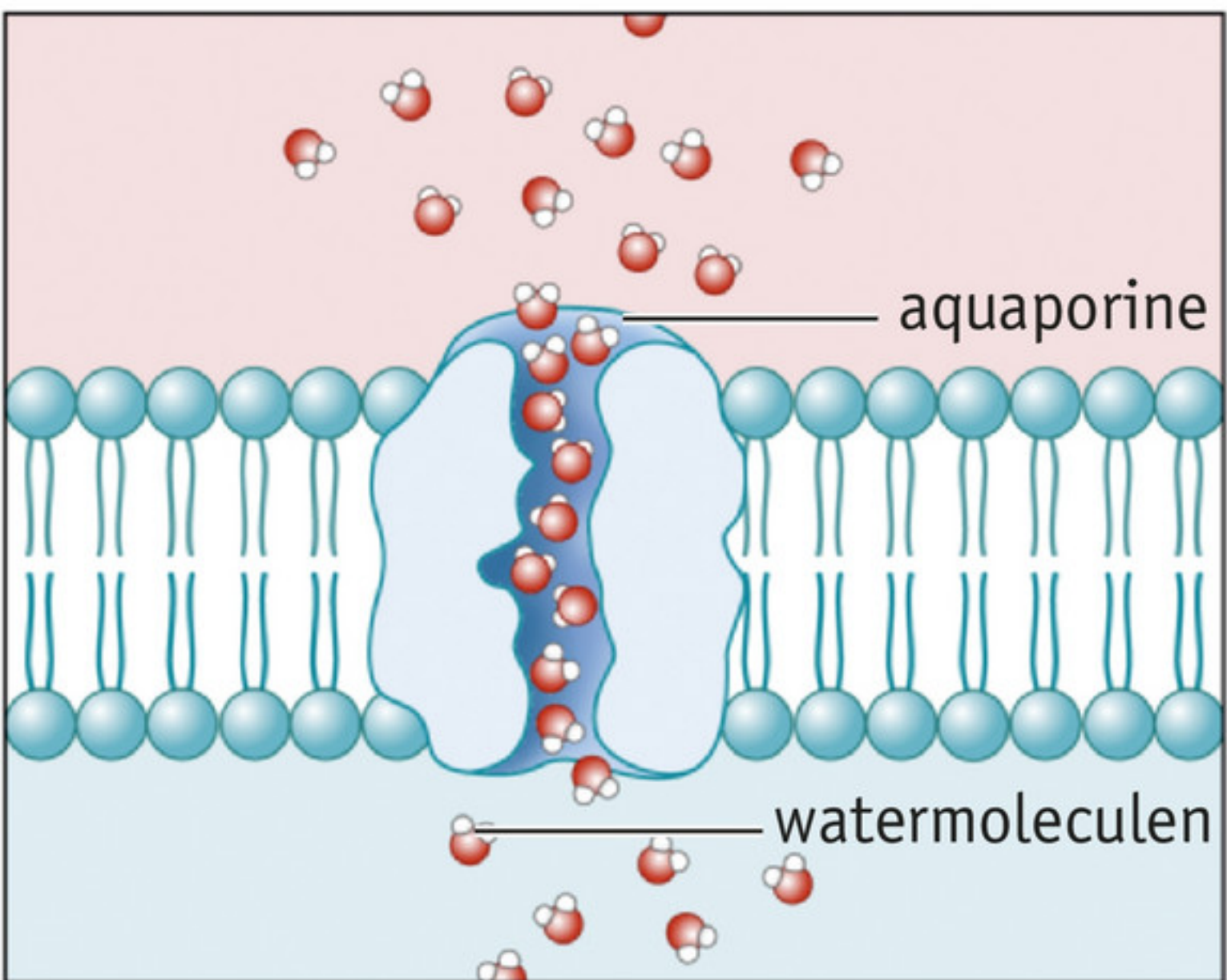
Suikeroplossing van 4%		Suikeroplossing van 8%	
Concentratie suikermoleculen		concentratie suikermoleculen	
Concentratie watermoleculen		concentratie watermoleculen	

- b Treedt er diffusie van suiker op? Zo ja, in welke richting? Leg je antwoord uit.
- c Treedt er diffusie van water op? Zo ja, in welke richting? Leg je antwoord uit.
- d Hoe veranderen de vloeistofniveaus in beide helften?
- e Hoe verandert de concentratie suiker in de linkerhelft van de bak? En in de rechterhelft?

MEMBRANEN ZIJN SEMIPERMEABEL

Celmembranen en membranen van organellen zijn semipermeabel. Deze membranen scheiden oplossingen met een verschillende concentratie. Diffusie en osmose spelen daardoor een belangrijke rol bij het transport van stoffen in cellen van organismen. Zo kunnen zuurstof en koolstofdioxide membranen ongehinderd passeren. Het transport van deze stoffen in en uit een cel gaat via diffusie. Watermoleculen kunnen membranen maar heel langzaam passeren. Sommige typen cellen bezitten membranen met speciale eiwitten voor een snel transport van watermoleculen. Die speciale eiwitten heten **aquaporines** (*aqua* = water, *porine* = porie) (zie afbeelding 43). Hoe meer aquaporines een membraan bevat, hoe groter de doorlaatbaarheid voor water is. Zoals bij membranen van de cellen van een nier.

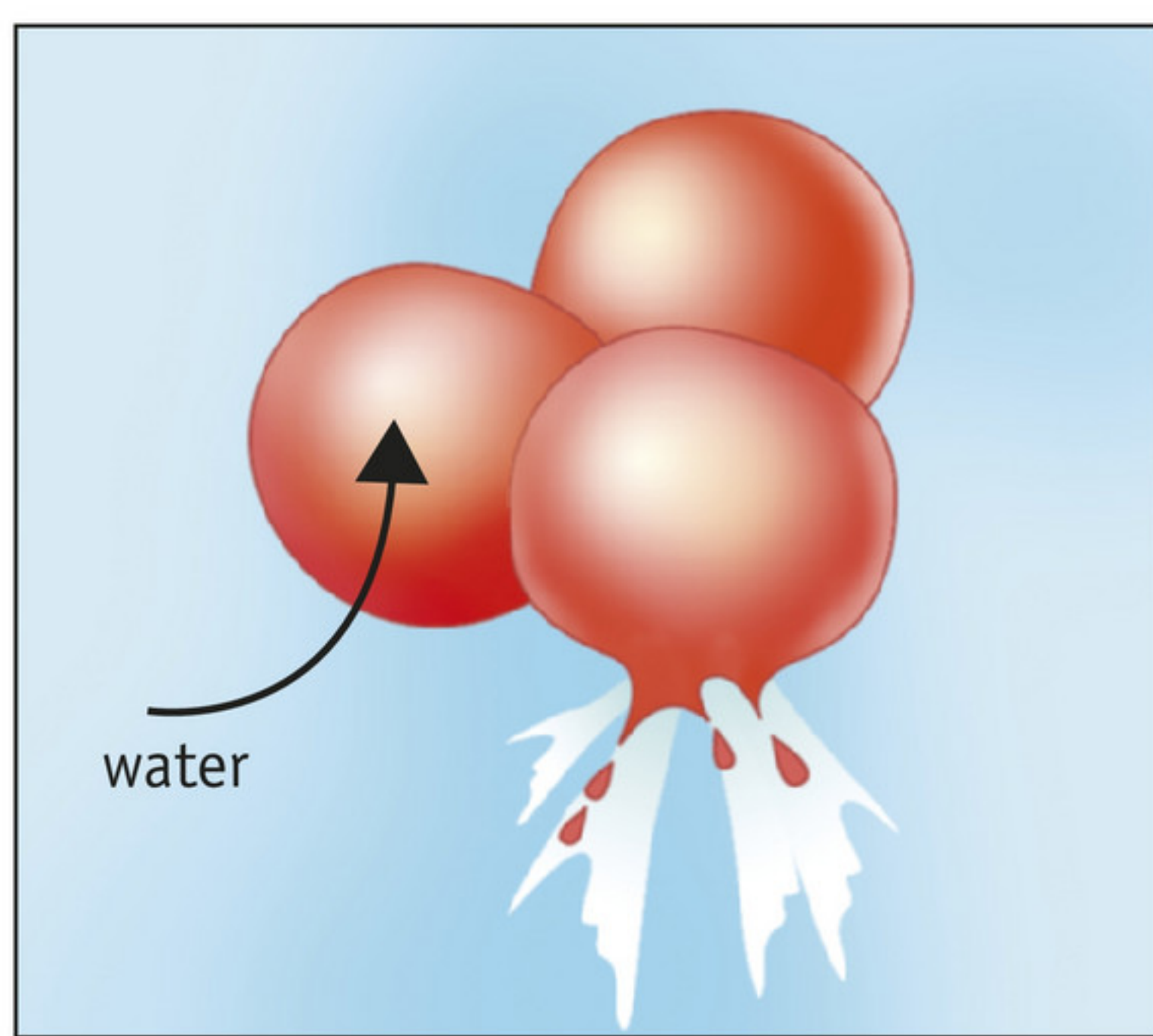
► Afb. 43 Aquaporine.



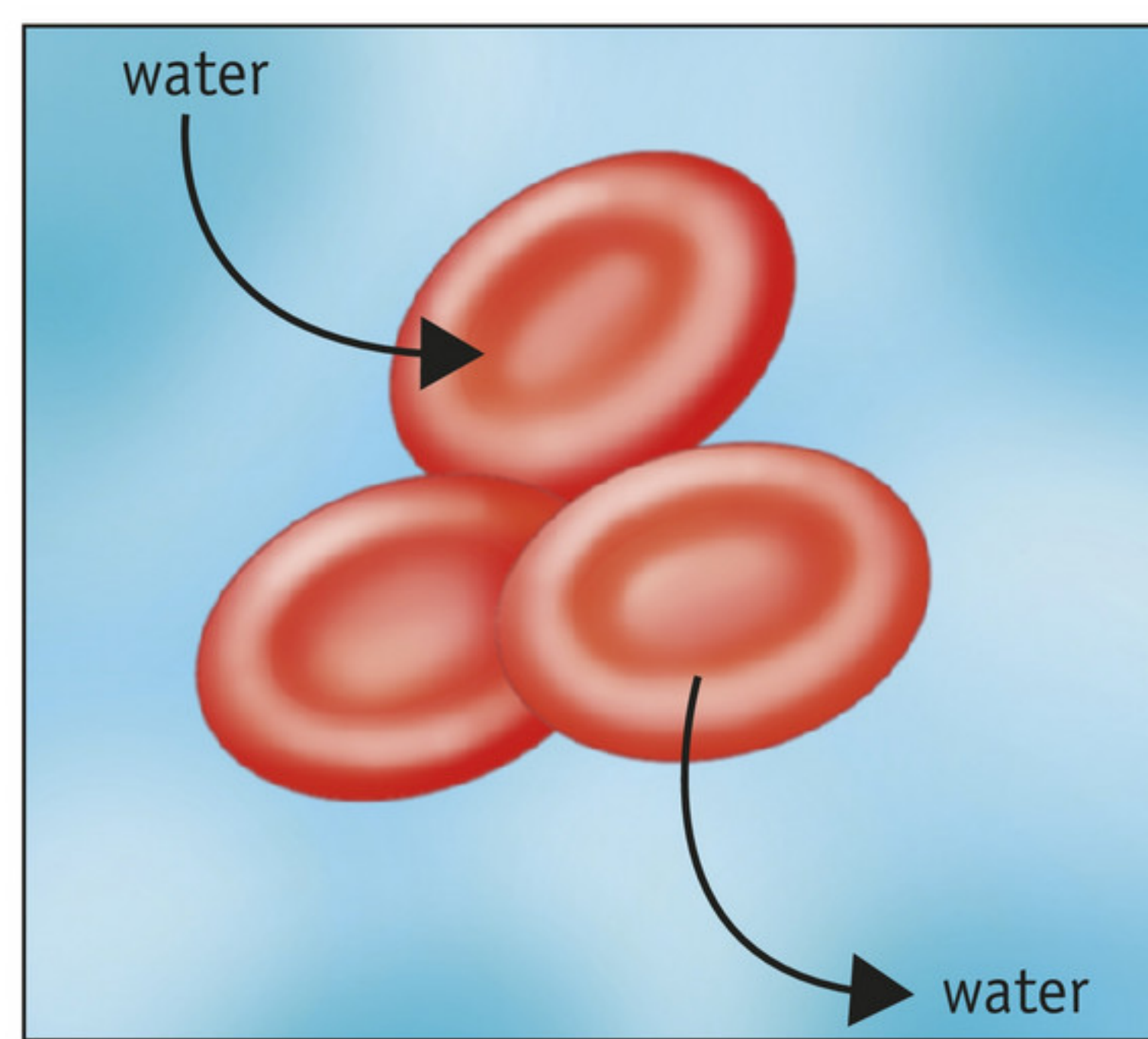
OSMOSE BIJ DIERLIJKE CELLEN

Dierlijke en plantaardige cellen reageren verschillend op veranderingen van de osmotische waarde van het vocht in hun directe omgeving. Een rode bloedcel is een dierlijke cel. Wanneer je een rode bloedcel in een oplossing legt waarvan de osmotische waarde gelijk is (**isotoon**) aan de osmotische waarde van het cytoplasma in de rode bloedcel, dan blijft het volume van de cel gelijk. Er gaan evenveel watermoleculen door het celmembraan de cel in als de cel uit (zie afbeelding 44.2). Leg je een rode bloedcel in een oplossing waarvan de osmotische waarde lager is (**hypotoon**) dan die van het cytoplasma in de rode bloedcel, dan zal water door osmose de cel in gaan (zie afbeelding 44.1). Het volume van de rode bloedcel neemt daardoor toe. Uiteindelijk kan de cel barsten. In een oplossing waarvan de osmotische waarde hoger is (**hypertoon**) dan die van het cytoplasma in de rode bloedcel, gaat water de cel uit. Daardoor neemt het volume van de cel af en krimpt de cel (zie afbeelding 44.3). De cel kan sterven door het waterverlies.

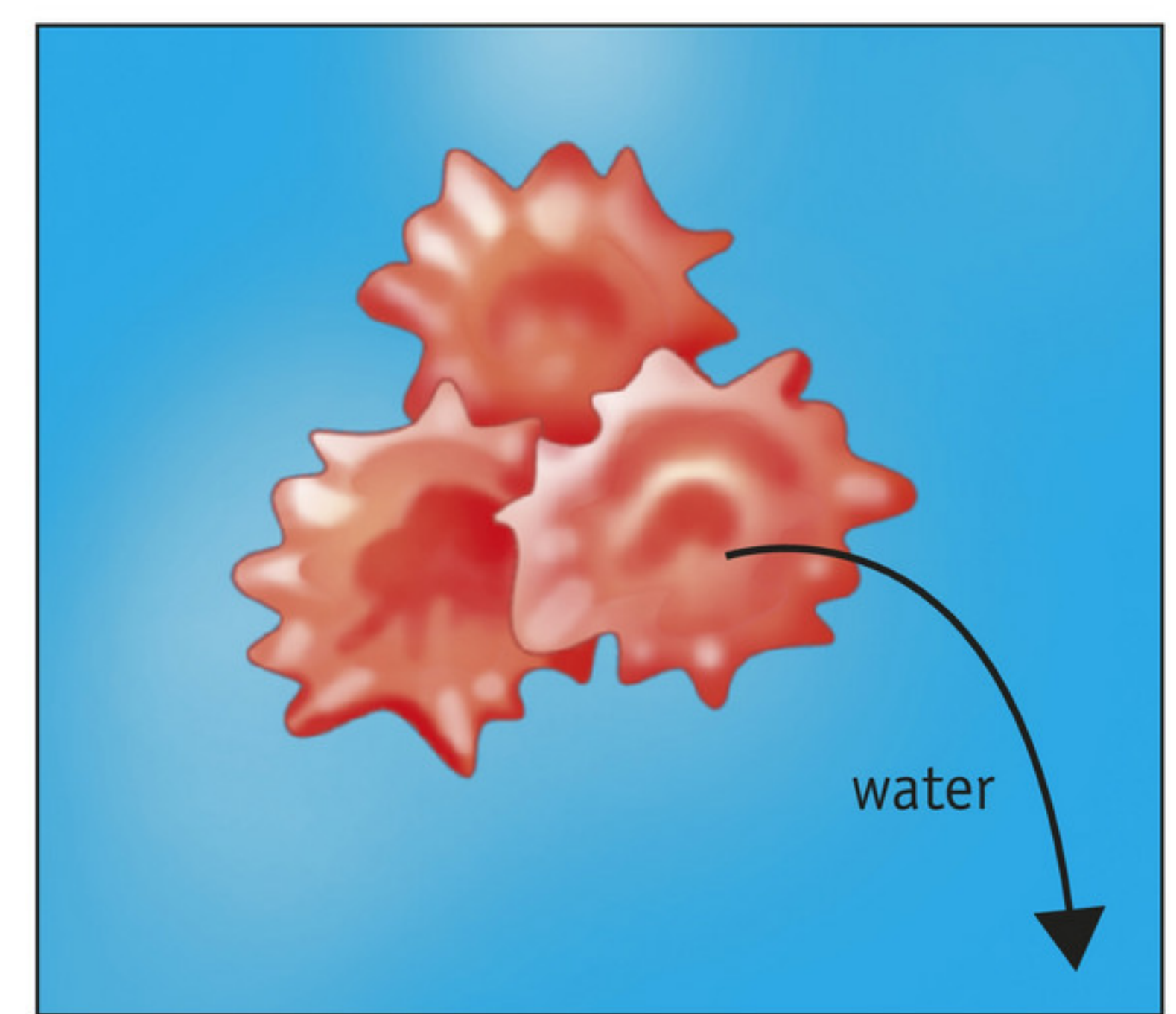
▼ **Afb. 44** De gevolgen van de verandering van de osmotische waarde in de omgeving van dierlijke cellen (schematisch).



1 De omgeving heeft een lagere osmotische waarde (hypotoon).



2 De osmotische waarden zijn gelijk (isotoon).



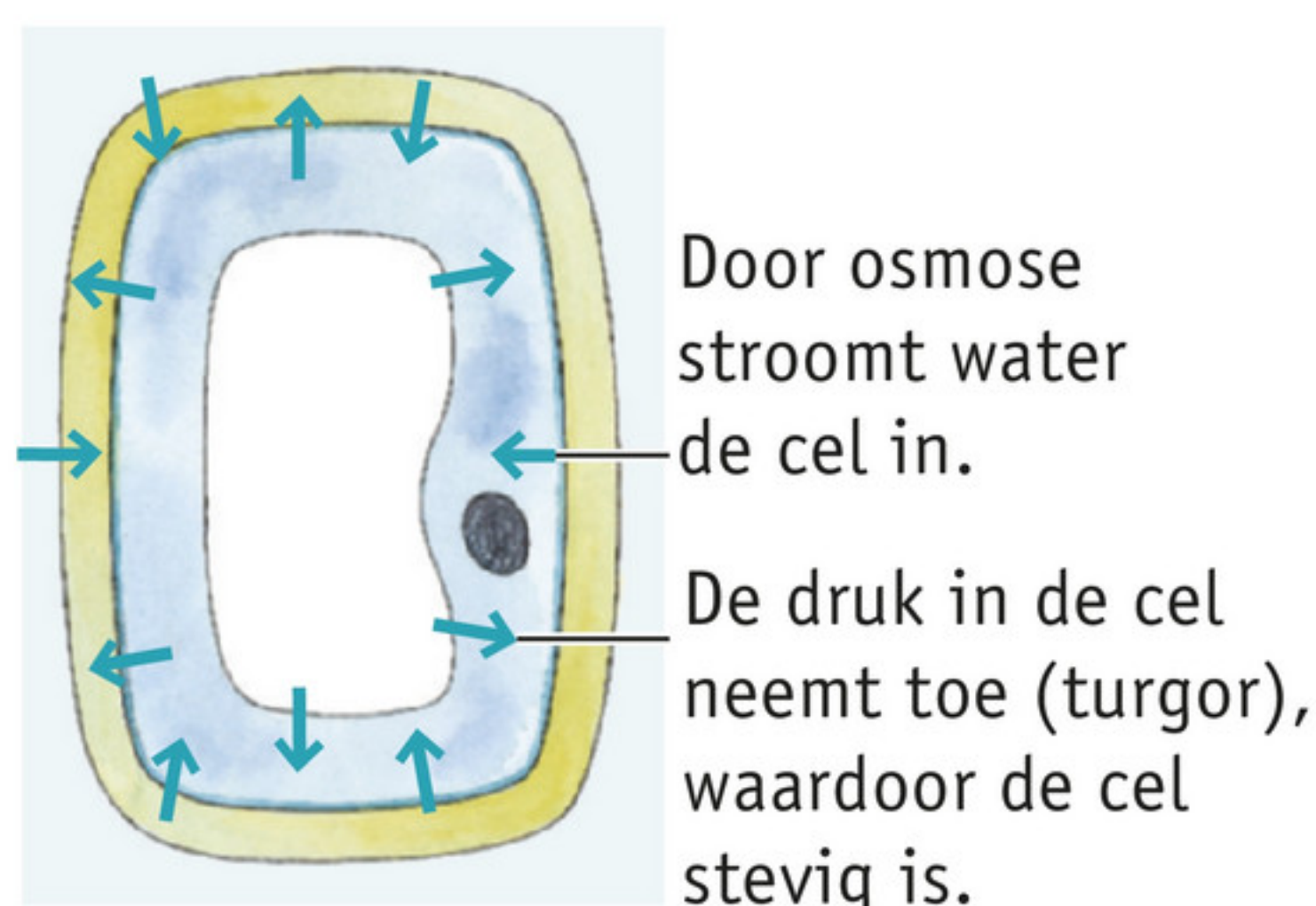
3 De omgeving heeft een hogere osmotische waarde (hypertoon).

Doordat celmembranen semipermeabel zijn, hebben dieren die in een hypertoon of hypotoon milieu leven aanpassingen om het verlies van water of het teveel aan opname van water te voorkomen. Bij een eencellig zoetwaterorganisme, zoals het pantoffeldiertje, heeft het cytoplasma een hogere osmotische waarde dan het slootwater waarin het leeft. Hierdoor neemt het pantoffeldiertje door osmose voortdurend water op. Dit water wordt verzameld in een vacuole die zich regelmatig samentrekt: de kloppende vacuole. Door een porie perst de vacuole het teveel aan water weer naar buiten.

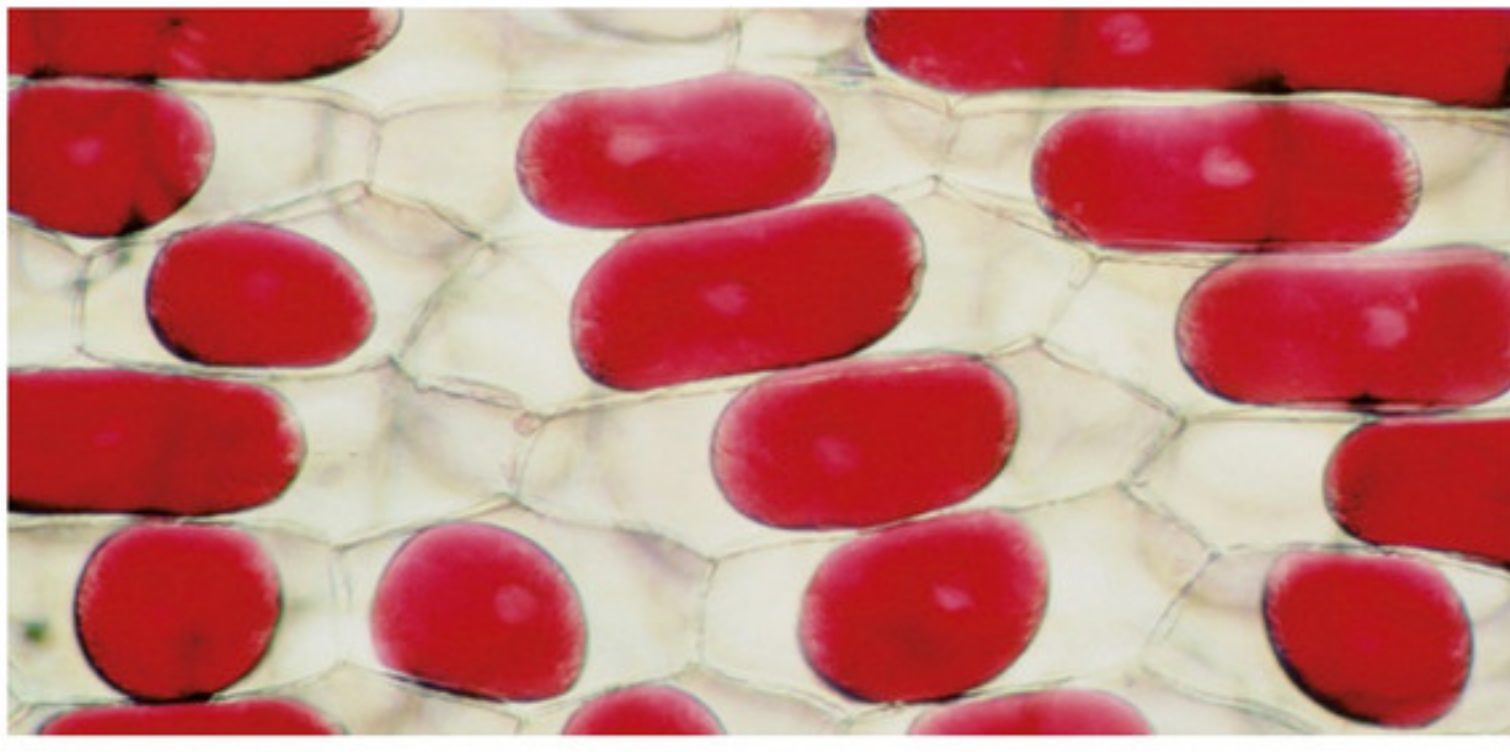
STEVIGHEID DOOR OSMOSE

De celwanden van planten zijn volledig permeabel. Daardoor is de osmotische waarde in de celwanden gelijk aan die van het water in de ruimten tussen de cellen. Het celmembraan scheidt het cytoplasma van de omgeving buiten de cel. De osmotische waarde van het cytoplasma in de cellen is hoger dan de osmotische waarde van de omgeving. Water stroomt dan door osmose de cel in en de plantaardige cellen zwellen op. Vanwege de stevige celwand om de plantaardige cellen barsten zij niet zoals dierlijke cellen. Wel neemt de druk op de celwand in een plantaardige cel toe. Deze druk heet **turgor** en zorgt ervoor dat plantaardige cellen stevig zijn (zie afbeelding 45). Je kunt het vergelijken met een fietsband die je oppompt. De druk in de binnenband neemt toe, maar door de buitenband kan de binnenband op een bepaald moment niet verder uitzetten. De band is dan stevig. Onder normale omstandigheden bevinden plantaardige cellen zich in een omgeving met voldoende water. Dan hebben plantaardige cellen turgor (turgescient). Door turgor zijn de weefsels van planten stevig.

▼ **Afb. 45** Plantaardige cel onder normale omstandigheden.

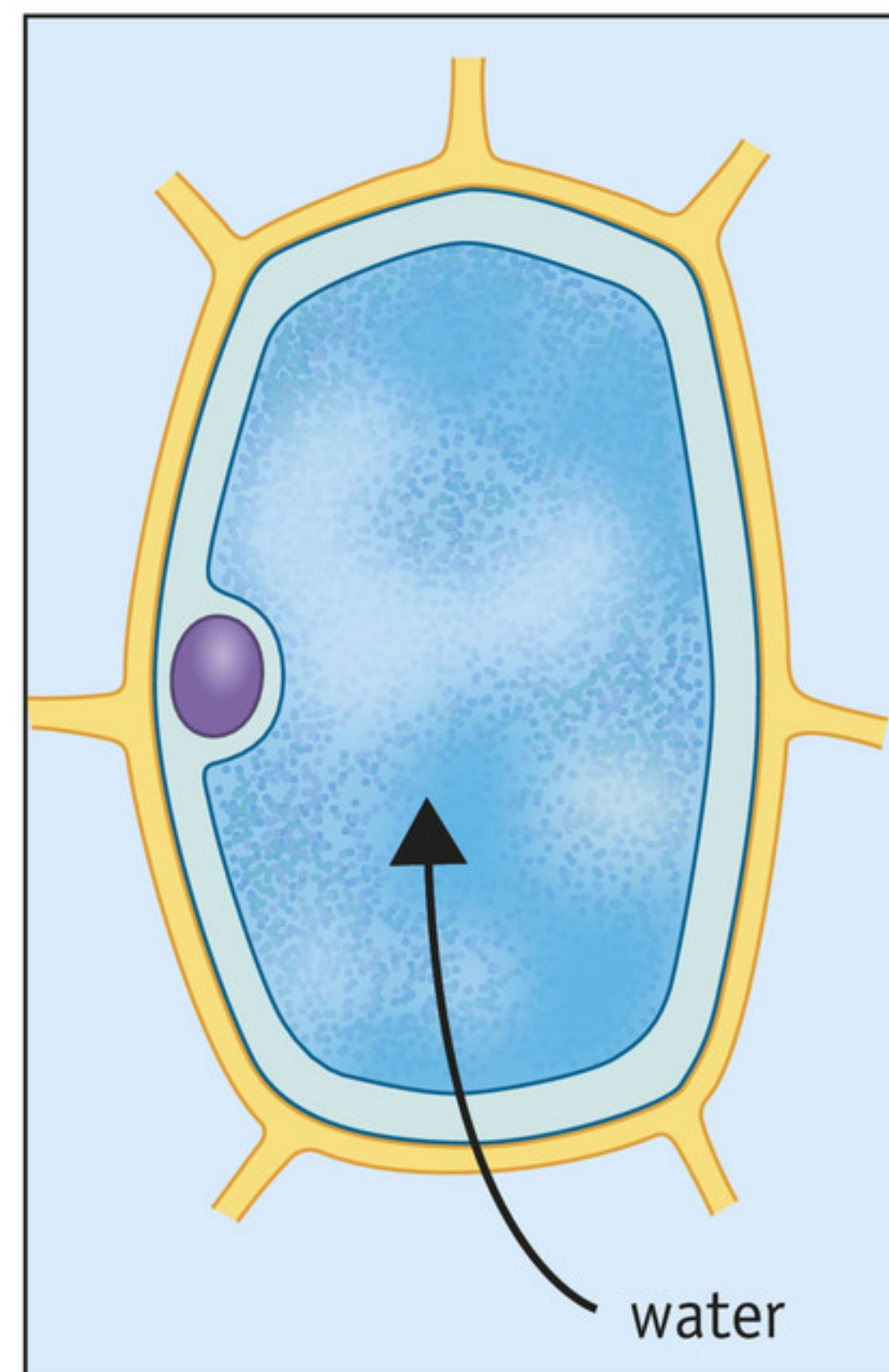


▼ **Afb. 46** Plasmolyse in cellen van een rode ui.

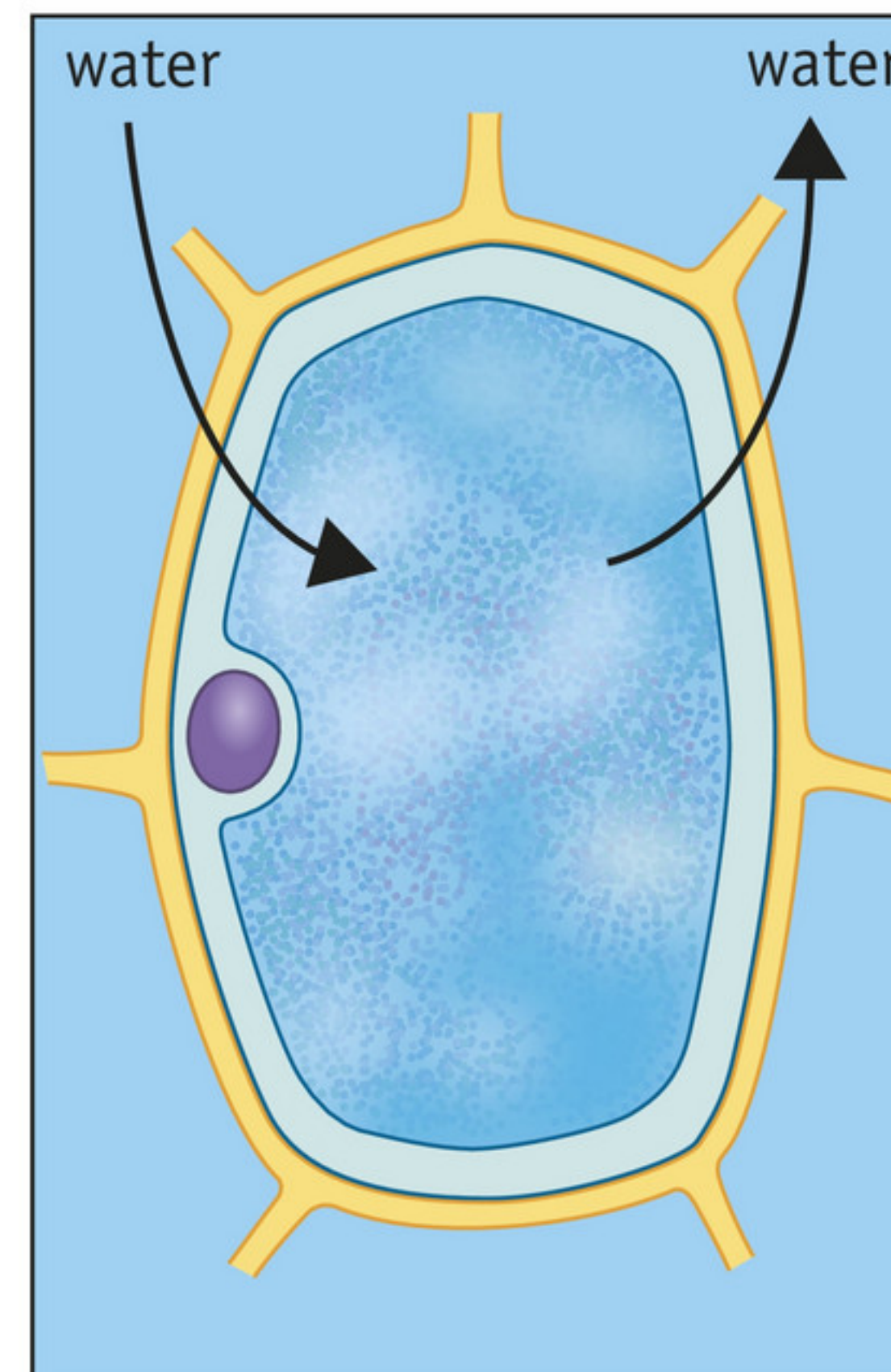


Een plantaardige cel in een omgeving met een osmotische waarde die gelijk is (isotoon) aan de osmotische waarde van het cytoplasma, verliest zijn stevigheid. De druk op de celwand verdwijnt. Als de osmotische waarde van de omgeving van de cel hoger is (hypertoon) dan de osmotische waarde van het cytoplasma, gaat water de cel uit. Daardoor stijgt de osmotische waarde in de cel. Het celmembraan laat dan los van de celwand doordat de celwand niet kan krimpen. Dit verschijnsel heet **plasmolyse** (zie afbeelding 46 en 47). De interactie met andere cellen neemt hierdoor af en uiteindelijk gaat de cel dood. Hierbij verdwijnt het bladgroen en krijgt het afgestorven weefsel een bruine kleur.

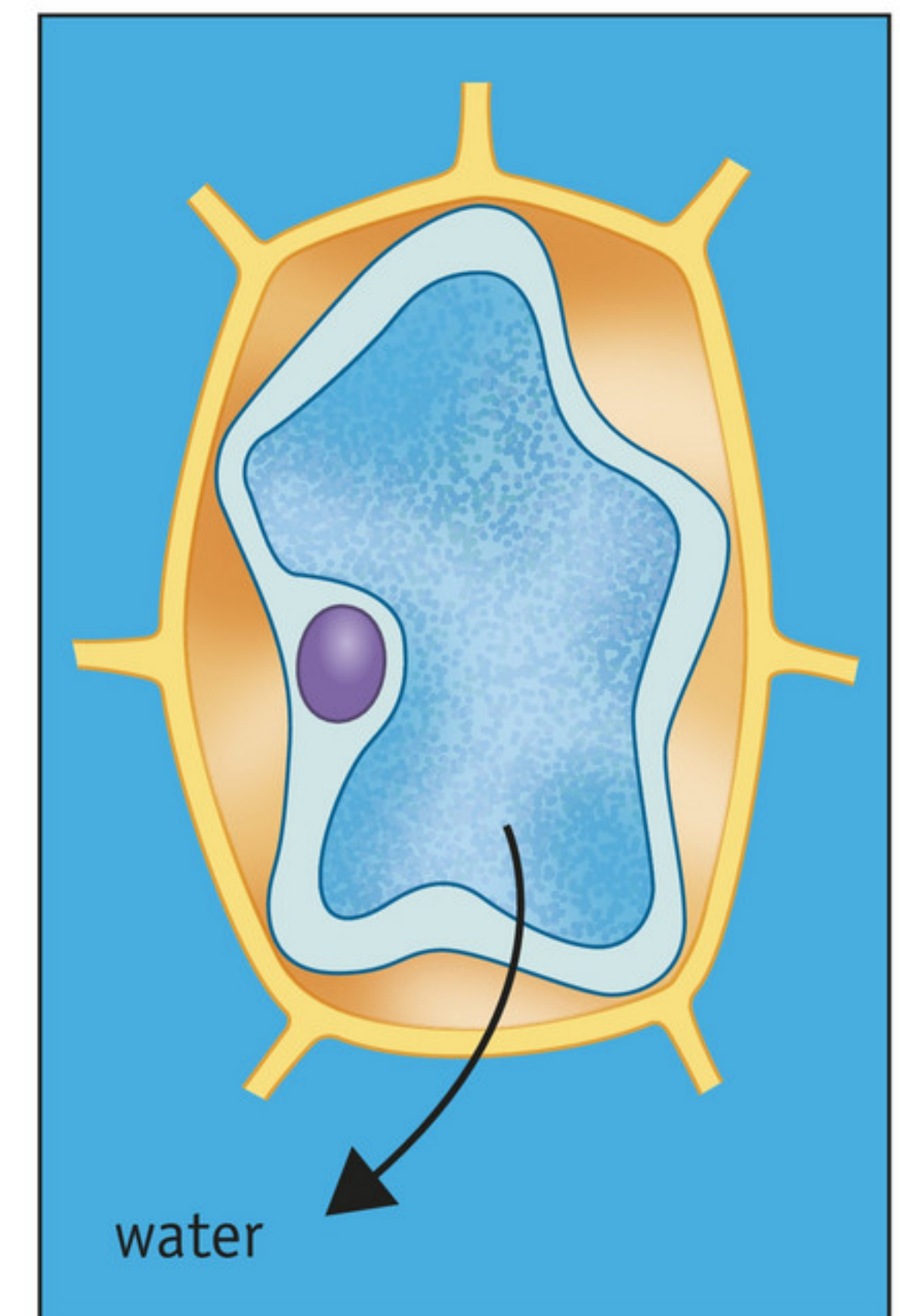
► **Afb. 47** De gevolgen van de verandering van de osmotische waarde in de omgeving van plantaardige cellen (schematisch).



1 Een turgescente cel. De omgeving heeft een lagere osmotische waarde (hypotoon).



2 De osmotische waarden zijn gelijk (isotoon).



3 Een cel in plasmolyse. De omgeving heeft een hogere osmotische waarde (hypertoon).

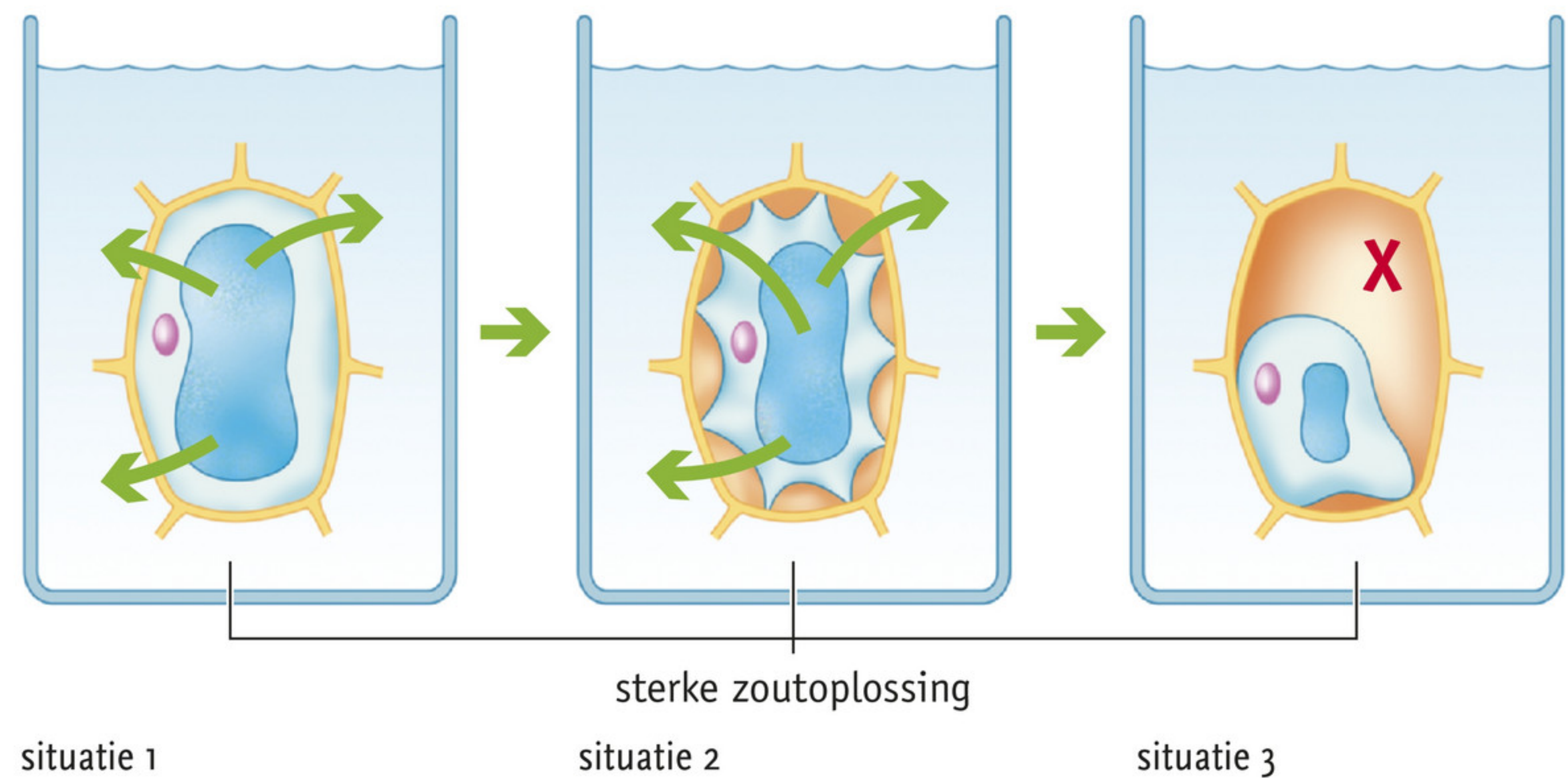
► PRACTICUMOPDRACHT 7

opdrachten

- 43 De osmotische waarde van bloed komt overeen met de osmotische waarde van een 0,9% NaCl-oplossing.
 - a Wat gebeurt er met rode bloedcellen als een druppel bloed in gedestilleerd water wordt gebracht? Leg je antwoord uit.
 - b Wat gebeurt er met rode bloedcellen als een druppel bloed in een sterke zoutoplossing wordt gebracht? Leg je antwoord uit.
 - c Fysiologische zoutoplossing is geschikt om vocht toe te dienen via een infuus in een bloedvat. Gedestilleerd water is niet geschikt. Leg dit uit.
- 44 Een pantoffeldiertje wordt overgebracht van slootwater naar een bak met gedestilleerd water.
 - a Welk effect zal dit hebben op de frequentie waarmee een kloppende vacuole samentrekt?
 - b Een ander pantoffeldiertje wordt overgebracht naar een bak met zeewater. Welk effect zal dit hebben op de snelheid waarmee een kloppende vacuole samentrekt?
- 45 Een plantencel wordt in een zoutoplossing gebracht en er treedt plasmolyse op (zie afbeelding 48).
 - a Is in situatie 1 de osmotische waarde van de zoutoplossing hoger dan, gelijk aan of lager dan de osmotische waarde in de cel? Leg je antwoord uit.
 - b In welke van de drie getekende situaties is de osmotische waarde van de vacuole het hoogst? Leg uit waarom dit zo is.

- c Wat bevindt zich bij X in situatie 3? Leg je antwoord uit.
- d Op een bepaald moment krimpt de vacuole van de plantencel niet verder en wordt ook niet groter.
Wat is dan de osmotische waarde van het vacuolevocht, vergeleken met die van de zoutoplossing?
- e Wat gebeurt er met de cel van situatie 3 als deze in gedestilleerd water wordt gebracht? Ga ervan uit dat de cel nog leeft.

► Afb. 48

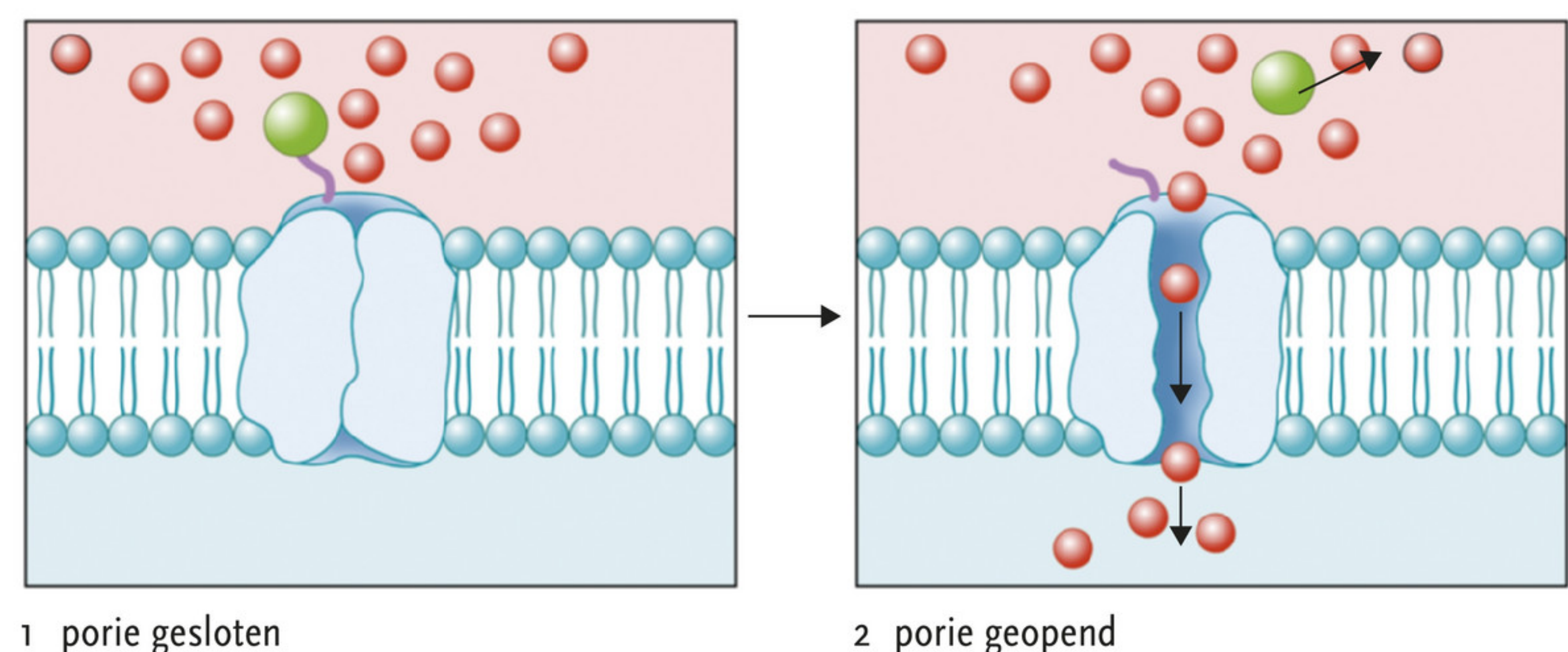


- 46 Wanneer je een salade maakt, is het beter om de slasaus vlak voordat je de salade opdient, bij de sla te doen.
Leg uit wat er met de sla gebeurt als je slasaus erbij doet.

PASSIEF TRANSPORT

Een cel kan op een aantal manieren stoffen door het membraan heen transporteren. Stoffen kunnen verplaatsen van een hoge naar een lage concentratie van die stof. Het transport vindt dan plaats met het **concentratieverschil** mee. Voor deze vorm van transport is geen energie nodig. Dit noem je daarom **passief transport**. Diffusie en osmose zijn voorbeelden van passief transport. Het transport van stoffen via de fosfolipiden in een membraan gaat altijd van een hoge naar een lage concentratie. Dat geldt ook voor het transport via **porie-eiwitten**, zoals aquaporines. Voor andere stoffen zoals bepaalde ionen (Na^+ , K^+ en Ca^{2+}) bestaan ook porie-eiwitten. Een cel kan de opname van een stof reguleren door een porie-eiwit te sluiten of juist te openen. Dat kan bijvoorbeeld doordat een bepaalde stof aan het porie-eiwit bindt. Hierdoor verandert de vorm van het porie-eiwit en wordt het eiwit ondoorlaatbaar of juist doorlaatbaar voor een bepaalde soort moleculen (zie afbeelding 49).

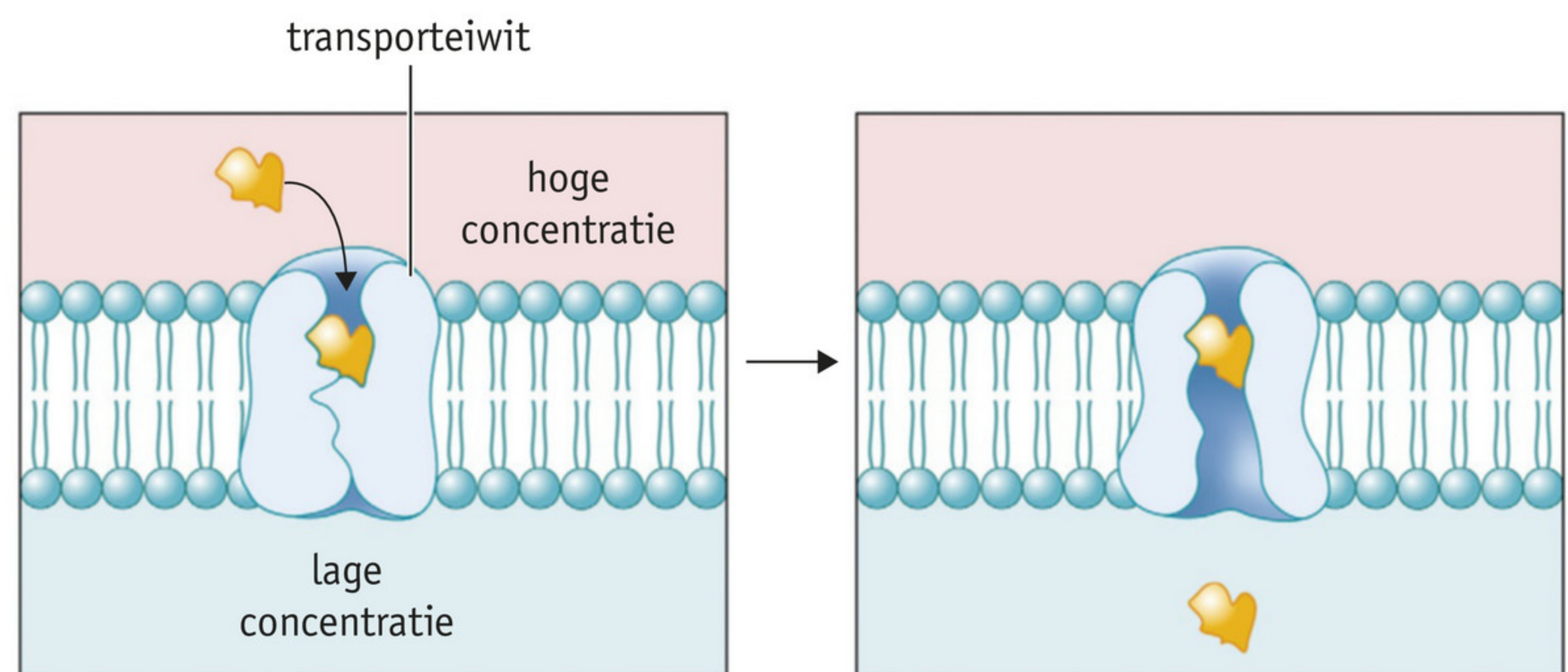
► Afb. 49 Een cel kan de doorlaatbaarheid van een porie-eiwit regelen.



In het celmembraan komen allerlei **transporteiwitten** voor. Zij hebben geen porie, maar binden specifieke moleculen en transporteren ze van buiten naar binnen of omgekeerd. Bepaalde transporteiwitten maken het transport van grote moleculen zoals glucose mogelijk. Wanneer een glucosemolecuul bindt aan het transporteiwit, verandert de vorm van het eiwit waardoor het molecuul het membraan kan passeren (zie afbeelding 50). Dit transport gebeurt door passief transport. Transporteiwitten kunnen maar één soort molecuul transporteren en zijn dus specifiek voor een bepaalde stof.

Voor veel stoffen is de snelheid van diffusie afhankelijk van het aantal porie-eiwitten en transporteiwitten in het celmembraan. Het aantal kan voor een stof per celtype verschillend zijn. Hoe groter het aantal, hoe sneller de diffusie van een stof kan verlopen.

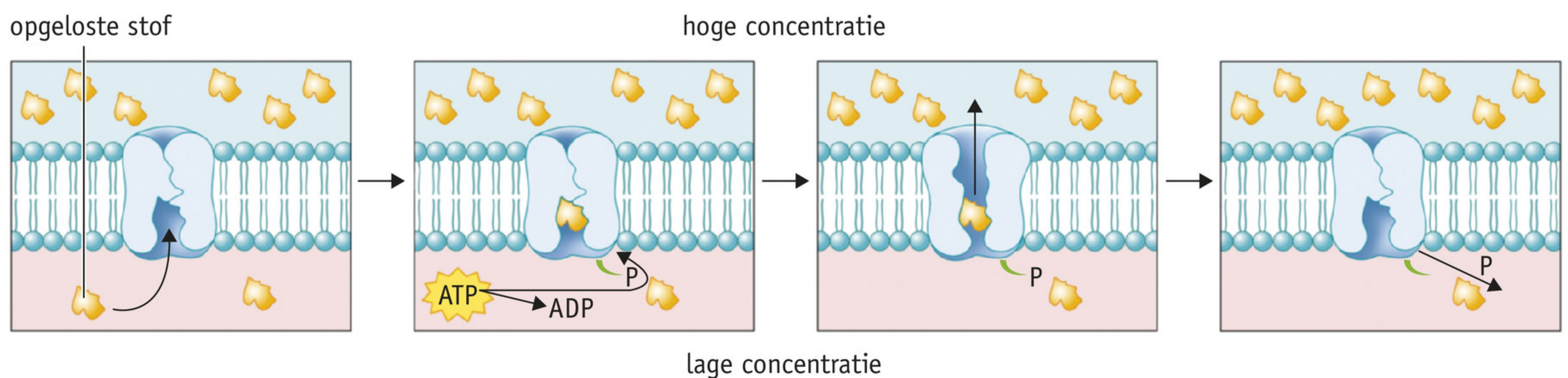
► **Afb. 50** De werking van een transporteiwit.



ACTIEF TRANSPORT

In een cel kan ook transport plaatsvinden tegen het concentratieverval in. Stoffen gaan dan via transporteiwitten in het membraan van een lage naar een hoge concentratie. Voor deze vorm van transport is energie nodig. Dit heet **actief transport**. ATP-moleculen (zie afbeelding 51) leveren meestal de energie.

▼ **Afb. 51** Actief transport.

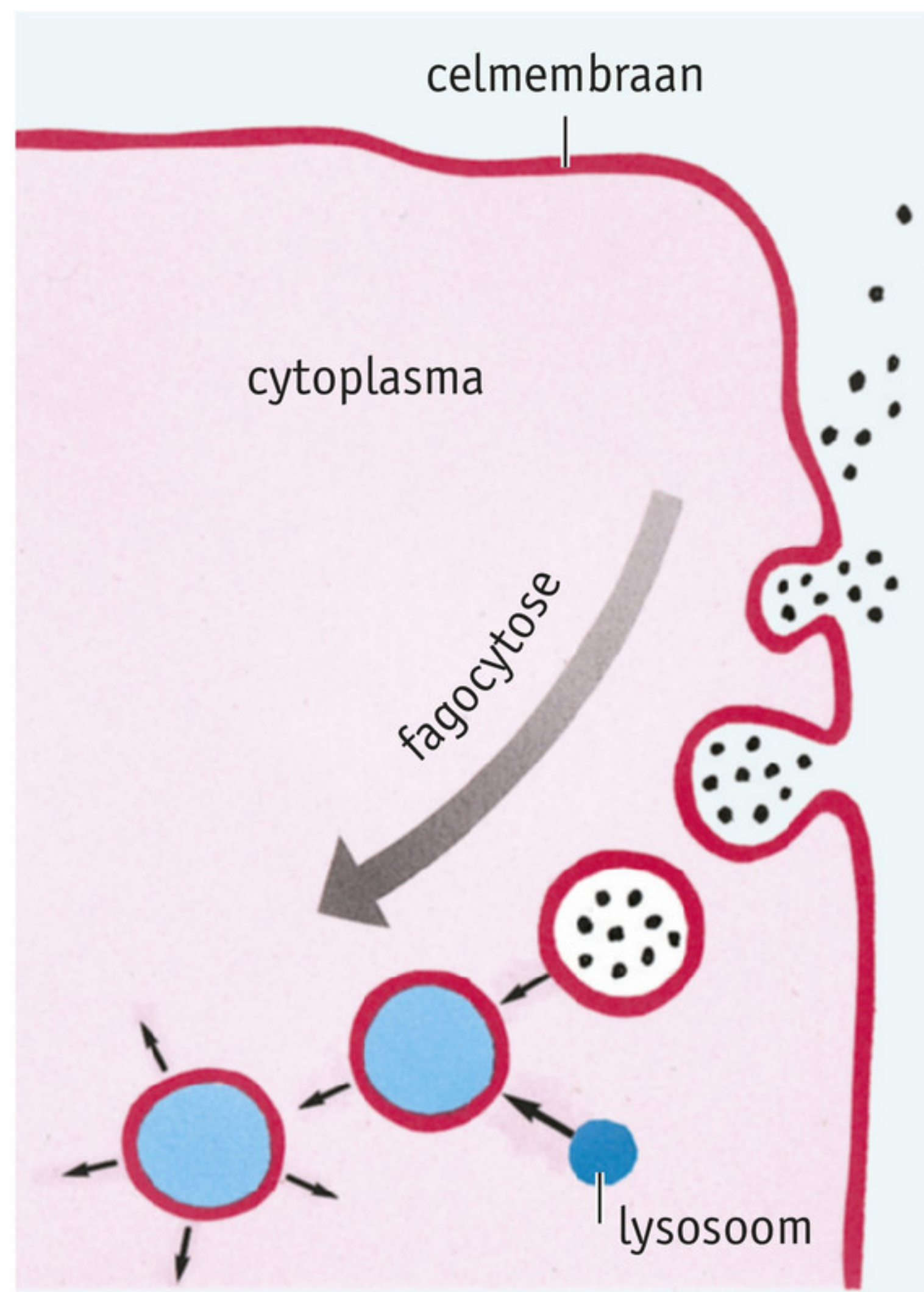


- 1 De opgeloste stof bindt met het transporteiwit.
- 2 ATP wordt omgezet in ADP en P, de vrijgekomen fosfaatgroep bindt met het transporteiwit.
- 3 Het eiwit verandert van vorm, de opgeloste stof verlaat aan de andere kant van het membraan het transporteiwit.
- 4 De fosfaatgroep laat los van het transporteiwit.

TRANSPORT VIA BLAASJES

Transport van stoffen kan plaatsvinden door het afsnoeren van blaasjes van het celmembraan (exocytose). Dit is een actief proces. Blaasjes die afgesnoerd zijn van het golgisysteem, kunnen versmelten met het celmembraan en de eiwitten in het blaasje buiten de cel afgeven (secretie). Cellen kunnen ook afvalstoffen op een soortgelijke manier aan de omgeving afgeven.

▼ Afb. 52 Fagocytose.



Veel cellen kunnen hun membraan ook laten instulpen om zo stoffen uit de omgeving op te nemen. Het afsnoeren van blaasjes door het celmembraan om stoffen in de cel op te nemen, noem je **endocytose**. Het blaasje dat zich afsnoert van het celmembraan noem je een **endosoom**. In de cel versmelt het endosoom met een lysosoom, waarna enzymen uit het lysosoom de stoffen in het endosoom verteren. Via transporteiwitten komen de verteringsproducten in het cytoplasma. Wanneer via endosomen voedsel wordt opgenomen, heet dat **fagocytose** (zie afbeelding 52). Het blaasje met het ingesloten voedseldeeltje noem je een **voedingsvacuole**. Bij eencelligen zoals pantoffeldiertjes en amoeben vindt de voedselopname op deze manier plaats. Door schijnvoetjes kan een amoebe een voedseldeeltje omgeven en in zich opnemen (zie afbeelding 53).

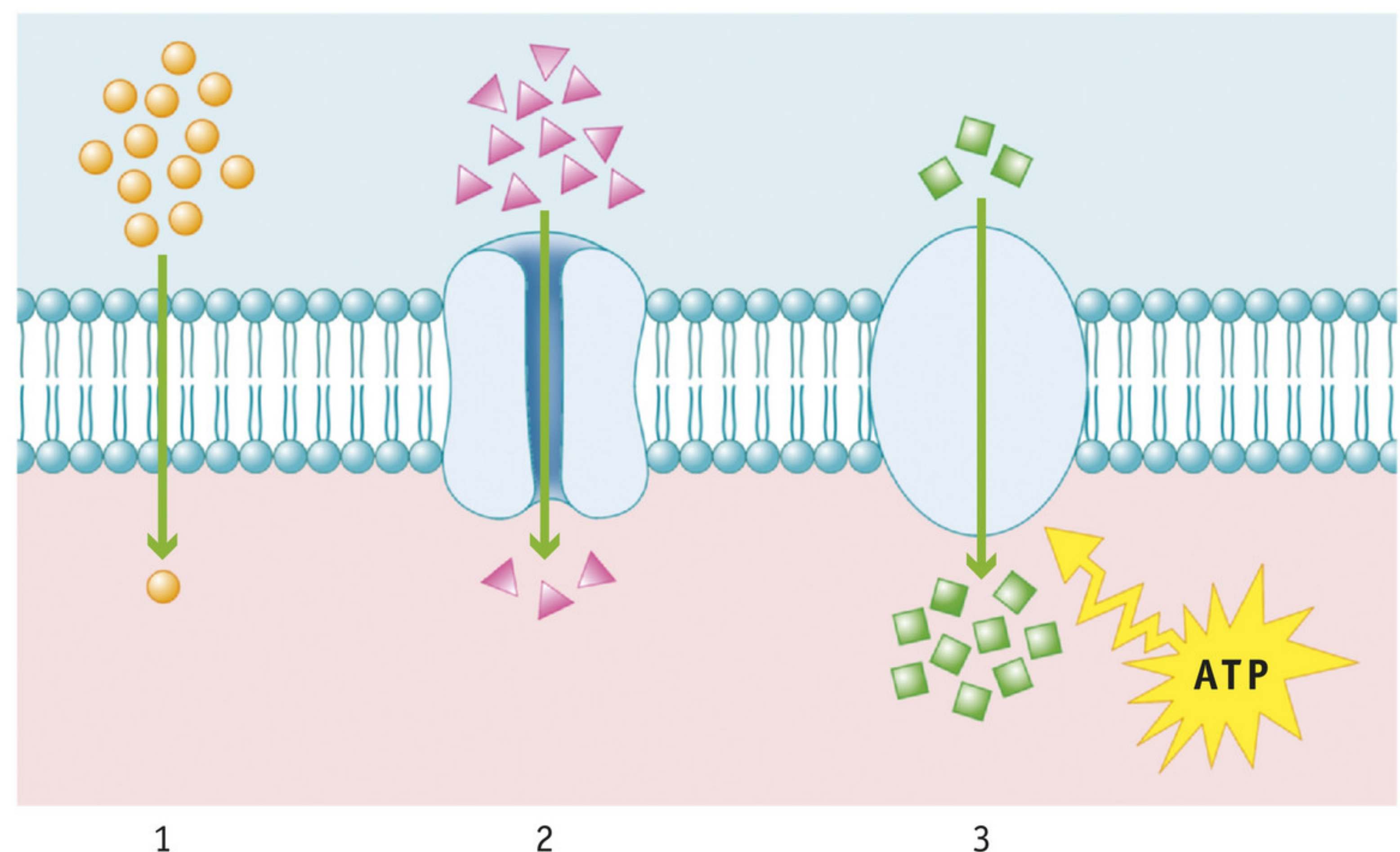
▼ Afb. 53 Fagocytose bij een amoebe.



opdrachten

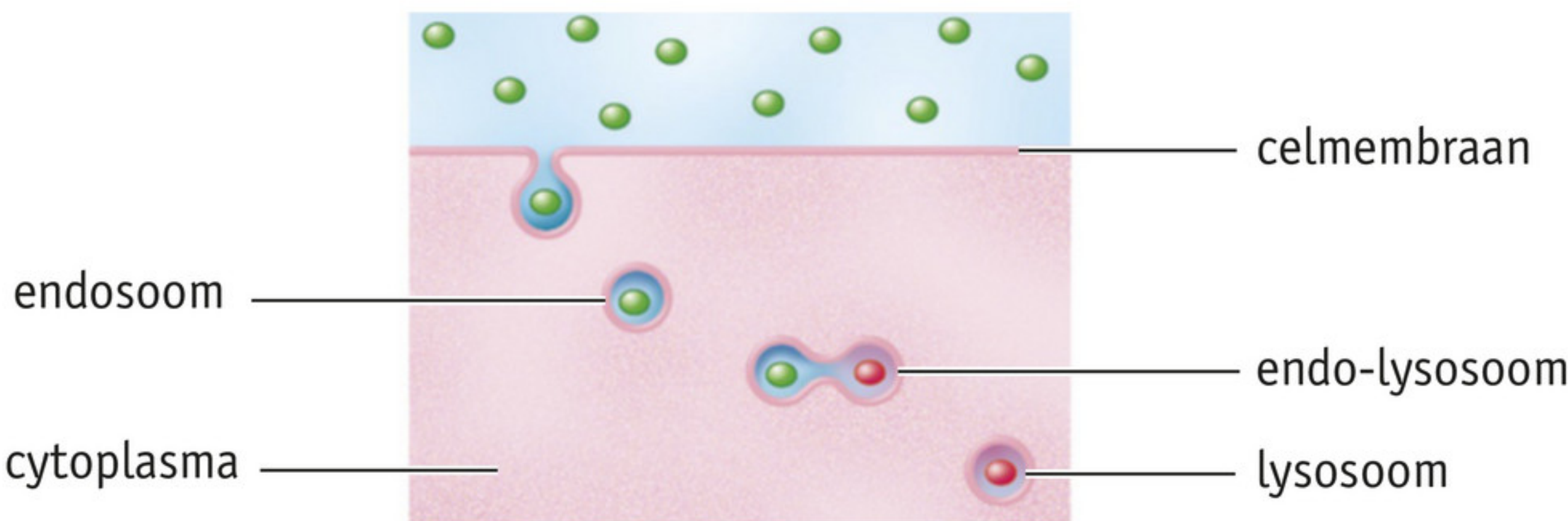
- 47 a Longen nemen zuurstof op en geven koolstofdioxide af. Via welk proces vindt deze opname en afgifte plaats?
 b Gaat het transport van zuurstof en koolstofdioxide met concentratieverval mee, of vindt dit transport juist plaats tegen het concentratieverval in?
 c Kost het transport van zuurstof en koolstofdioxide door een celmembraan heen energie?
- 48 In afbeelding 54 zijn drie transportsystemen schematisch getekend.
 a Noteer om welk transport het gaat.
 b Op welke twee manieren kan water een cel binnenkomen?
 c Na een koolhydraatrijke maaltijd bevat de voedselbrij in de dunne darm veel glucose.
 Kost het transport van glucose door celmembranen dan energie? Leg je antwoord uit.

► Afb. 54 Transport via een membraan.



- 49 Een endosoom kan samensmelten met een lysosoom (zie afbeelding 55). De inhoud van beide blaasjes vermengt zich dan.
Welk gevolg heeft dit voor de stoffen in het endosoom?

► **Afb. 55** Een endosoom versmelt met een lysosoom.



- 50 Mensen met taaislijmziekte of cystische fibrose (CF) produceren taaier en dikker slijm in bijvoorbeeld de luchtwegen en in het darmkanaal dan gezonde mensen. Taai slijm voert ingeademde stofdeeltjes en bacteriën onvoldoende af en dat kan leiden tot chronische longinfecties. Taaislijmziekte wordt veroorzaakt doordat een transporteiwit in de membranen van slijmproducerende cellen ontbreekt of niet goed functioneert en daardoor geen chloride-ionen naar het slijm transporteert.
- a Transporteiwitten in de membranen van cellen die slijm produceren, geven chloride-ionen af aan het slijm.
Wat gebeurt hierdoor met de osmotische waarde van het slijm?
- b Leg uit waarom slijm bij gezonde mensen door voldoende transport van chloride-ionen veel vloeibaarder is dan bij mensen met taaislijmziekte.
- 51 In het schema staan verschillende manieren van transport in cellen. Neem het volgende schema over en vul het in. Kies uit: *ja* – *nee*.

Manier	Is er energie nodig?	Is het specifiek voor een bepaalde stof?	Kan de opname van stoffen worden gereguleerd?
Diffusie door de fosfolipiden van het celmembraan			
Osmose			
Diffusie via een porie-eiwit			
Diffusie via een transporteiwit			
Actief transport via een transporteiwit			
Transport via endosomen			

CONTEXT

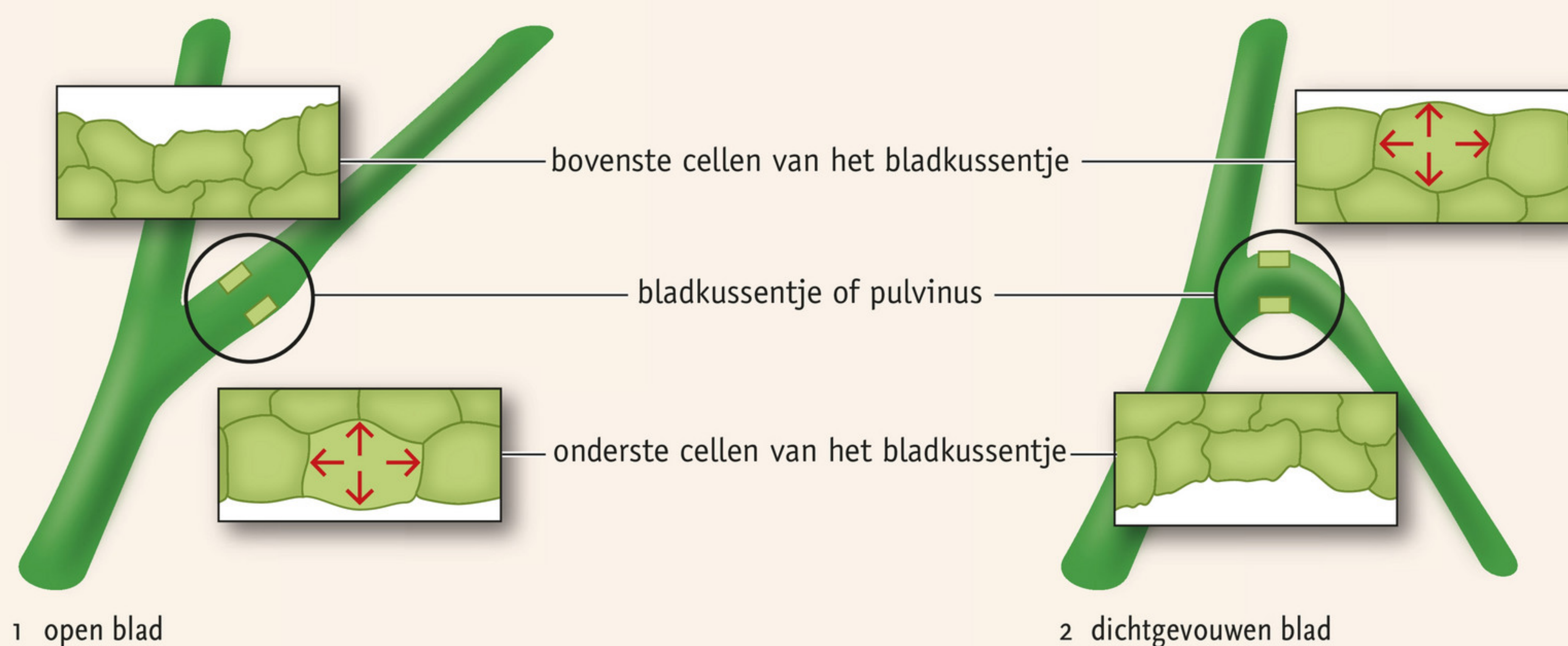
Leefwereld

Bewegen tegen vraat

In het tuincentrum is een bijzonder plantje te koop. Wanneer je kruidje-roer-me-niet (*Mimosa pudica*) aanraakt, vouwen de bladeren snel dicht. Een planteneter schrikt van de beweging en zal op zoek gaan naar een andere plant. Zo is de plant beschermd tegen vraat.

Een blad van deze plant zit met een verdikking onder aan de bladsteel vast aan de stengel. Deze verdikking heet het bladkussentje. Het bladkussentje bevat twee groepen cellen die de beweging van het blad mogelijk maken. Wanneer je een blaadje aanraakt, activeert dit de opname of afvoer van K^+ -ionen in de stengel waardoor het water snel door diffusie uit de onderste cellen van een bladkussentje gaat. Hierdoor verliezen deze cellen hun turgor en zakken ze in elkaar. De bovenste cellen van het bladkussentje nemen juist snel water op waardoor de turgor in deze cellen toeneemt (zie afbeelding 56). Zo leidt opname of verlies van water door cellen tot verandering van de stand van een blad.

▼ **Afb. 56** Verandering van de stand van een blad van kruidje-roer-me-niet na aanraking.



opdracht

- 52 In afbeelding 56 zie je dat de stand van een blad aan een stengel verandert door osmose.
- Hoe passeren K^+ -ionen het celmembraan?
 - De onderste cellen van het bladkussentje in afbeelding 56.1 zijn stevig door turgor.
Is de turgor ontstaan door opname of door afvoer van K^+ -ionen?
 - Is het transport van K^+ -ionen in afbeelding 56.1 passief of actief? Leg je antwoord uit.
 - Hoe wordt het water snel de cel in getransporteerd?
 - In afbeelding 56.2 zijn de onderste cellen van het bladkussentje hun turgor verloren nadat K^+ -ionen uit de cel zijn getransporteerd na een aanraking. Gebeurt dit door passief of actief transport? Leg je antwoord uit.

Leerdoel

- Je kunt verschillende typen en methoden van natuurwetenschappelijk onderzoek beschrijven.
- Je kunt een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek.

6 Natuurwetenschappelijk onderzoek

Door natuurwetenschappelijk onderzoek proberen biologen antwoord te krijgen op vragen als: Waarom zijn Nederlanders zo lang? Heeft ginseng een medicinale werking en verlengt het de levensduur van mensen? Wat was de invloed van wolharige mammoeten op het Nederlandse landschap?

ONDERZOEKEN

Alle biologische kennis die er nu is, is afkomstig van onderzoek. Door nieuwe onderzoeken naar de levende natuur groeit de biologische kennis nog steeds. Een bioloog die zich bezighoudt met wetenschappelijk onderzoek stelt zichzelf vragen over verschijnselen die hij in de levende natuur waarneemt. Wanneer hij zich heeft verdiept in de bestaande literatuur of onderzoeken over een verschijnsel, kan het zijn dat hij geen antwoord vindt op zijn vragen. Hij kan het natuurverschijnsel dan ervaren als een **natuurwetenschappelijk probleem**. Hij formuleert vervolgens een **onderzoeksvraag** en probeert hier antwoord op te krijgen door een natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren. Doordat onderzoeksvragen heel verschillend kunnen zijn, zijn ook de typen onderzoek en de onderzoeksmethoden om op die vragen een antwoord te vinden, heel verschillend. Hierna volgt een beschrijving van een aantal typen onderzoek.

Beschrijvend onderzoek

Observeren speelt bij elke onderzoeksmethode een rol. De onderzoeker let tijdens zijn onderzoek op bepaalde eigenschappen van het verschijnsel dat hij bestudeert. Observatie is een gerichte activiteit dat met van tevoren vastgestelde afspraken en nauwkeurig moet worden uitgevoerd. Soms is het verzamelen van observaties (waarnemingen) de enige onderzoeksmethode om antwoord te krijgen op een vraag, bijvoorbeeld wanneer een onderzoeker het gedrag van organismen bestudeert. Een onderzoeker kan ook metingen uitvoeren en gegevens verzamelen om antwoord te krijgen op een vraag. De verzamelde gegevens noem je **data**. Vervolgens geeft de onderzoeker de waarnemingen duidelijk weer met woorden, tekeningen, schema's en/of foto's. Zo kun je bijvoorbeeld weefsels van verschillende organismen met een microscoop observeren en waarnemen dat alle organismen uit cellen bestaan. Je kunt ook gegevens over het DNA van een organisme inventariseren. Of in kaart brengen welke plantensoorten er aan de rand van een sloot groeien. Deze onderzoeken zijn voorbeelden van een **beschrijvend onderzoek**. Bij een beschrijvend onderzoek probeer je vanuit veel specifieke gevallen (de verzamelde data of observaties) tot een algemene regel te komen (een conclusie). Beschrijvend onderzoek kan ook leiden tot het opstellen van hypothesen.

Hypothesetoetsend onderzoek

Een **hypothese** is een mogelijke verklaring voor een waarneming van een verschijnsel of een mogelijk verband tussen verschijnselen. Een hypothese is een veronderstelling die gebaseerd is op biologische kennis en ervaring. Bij een **hypothesetoetsend onderzoek** bedenkt een onderzoeker een methode om een hypothese te toetsen. Dat kan bijvoorbeeld met een experiment. Hierbij wordt de werkelijkheid gemanipuleerd door een **experimenteergroep** bloot te stellen aan een bepaalde factor die je wilt onderzoeken. Daarnaast is er een zogenoemde **controlegroep**, waarbij dit niet gebeurt (de **blancoproef**). Experimenten kun je uitvoeren in een laboratorium of in een veldsituatie.

Etholoog (gedragsbioloog) Frans de Waal vroeg zich af of bruine kapucijneraapjes onrechtvaardigheid afkeuren. Uit eigen observaties en die van anderen heeft De Waal geleerd dat niet alleen mensen maar ook dieren, zoals olifanten en dolfijnen, een gevoel voor eerlijkheid kennen. Hij verwacht daarom dat bruine kapucijneraapjes onrechtvaardigheid afkeuren. Hij voerde een experiment uit in het laboratorium om deze hypothese te toetsen. Daarvoor liet hij twee kapucijneraapjes in een kooi een taak uitvoeren. De aapjes gaven een steen aan hem en kregen als beloning daarvoor een stuk komkommer of een druif. Bruine kapucijneraapjes vinden druiven het lekkerst. Het eerste aapje at het stuk komkommer meteen op nadat hij het als beloning had gekregen. Hij was er blijkbaar heel tevreden mee. Hij zag daarna dat het tweede aapje een druif als beloning kreeg. Toen het eerste aapje vervolgens weer een stuk komkommer kreeg, smet hij deze weg. Uit het experiment blijkt dat een bruine kapucijneraap negatief reageert op ongelijke beloning voor dezelfde inspanning.

Je kunt ook met andere onderzoeksmethoden gegevens verzamelen om een hypothese te toetsen. Bijvoorbeeld door het houden van een interview of een online-enquête: een aantal personen wordt mondeling of schriftelijk bevraagd. Dit gebeurt meestal in de vorm van een **steekproef**. Onderzoekers selecteren dan een deel van de te onderzoeken groep omdat het niet mogelijk is alle personen te bevragen. Het is belangrijk dat de steekproef representatief is. Een representatieve steekproef is een goede afspiegeling van de te onderzoeken groep. Onderzoekers kunnen ook een literatuuronderzoek uitvoeren. Je maakt dan gebruik van bestaande informatie.

Ontwerpend onderzoek

Bij **ontwerpend onderzoek** ontwikkelt een onderzoeker materialen, instrumenten, modellen of systemen als antwoord op een onderzoeksvraag. Zo kunnen cellen en weefsels veel beter worden onderzocht sinds de ontwikkeling van elektronen-microscopen. En het onderzoek naar DNA is veel gemakkelijker geworden sinds een apparaat DNA heel snel kan vermenigvuldigen.

Wetenschappers werken ook met **modellen**. Een model is een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Met een model kun je bijvoorbeeld door een virtueel experiment op de computer een onderzoeksvraag beantwoorden, omdat dat met een echt experiment niet kan of heel moeilijk is. Het gebruik van modellen voor onderzoek noem je **modelleren**.

FASEN VAN EEN NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK

Het hypothesetoetsend onderzoek wordt gezien als hét model voor een natuurwetenschappelijk onderzoek. Bij onderzoek ga je steeds op dezelfde manier te werk. Bij het hypothesetoetsend onderzoek doorloop je de volgende fasen.

Waarneming

Een onderzoek begint vaak bij iets wat je opvalt of bij iets wat je waarneemt (observatie) en waarvan je je vervolgens afvraagt hoe dat zit. Het is de waarneming van een bepaald natuurverschijnsel dat in aanmerking komt voor verder onderzoek.

Onderzoeksvraag

Wanneer je een natuurverschijnsel ervaart als een natuurwetenschappelijk probleem dat je wilt onderzoeken, formuleer je hierbij een onderzoeksvraag. Met deze vraag kun je op zoek naar het antwoord. Een onderzoeksvraag kan ook ontstaan naar aanleiding van eerder onderzoek of na literatuuronderzoek. De vraag maakt duidelijk wat je precies wilt weten en wat je gaat onderzoeken.

Hypothesevorming

In deze fase probeer je een mogelijke verklaring voor het probleem te geven. Je stelt hiervoor een hypothese op, meestal op basis van wat al bekend is. Op grond van de hypothese kun je een **verwachting** uitspreken over de uitkomst van het onderzoek. Je geeft aan welke metingen of observaties je waarschijnlijk doet als de hypothese juist is.

Experimentele fase

In deze fase vindt de echte uitvoering van het onderzoek plaats. Bij hypothese-toetsend onderzoek doe je dat meestal met een experiment waarmee je toetst of de opgestelde hypothese juist is of onjuist. In de experimentegroep stel je organismen bloot aan een bepaalde factor. In de controlegroep voer je hetzelfde experiment uit, maar nu is deze factor afwezig (blancoproef). Per experiment kun je maar één factor tegelijk onderzoeken. Alle andere omstandigheden moeten bij de experimentegroep en bij de controlegroep gelijk zijn. Om betrouwbare gegevens te krijgen, moeten beide groepen uit grote aantallen bestaan. De experimentele fase kan ook bestaan uit het vergelijken van twee of meer groepen zonder dat er een experiment wordt uitgevoerd.

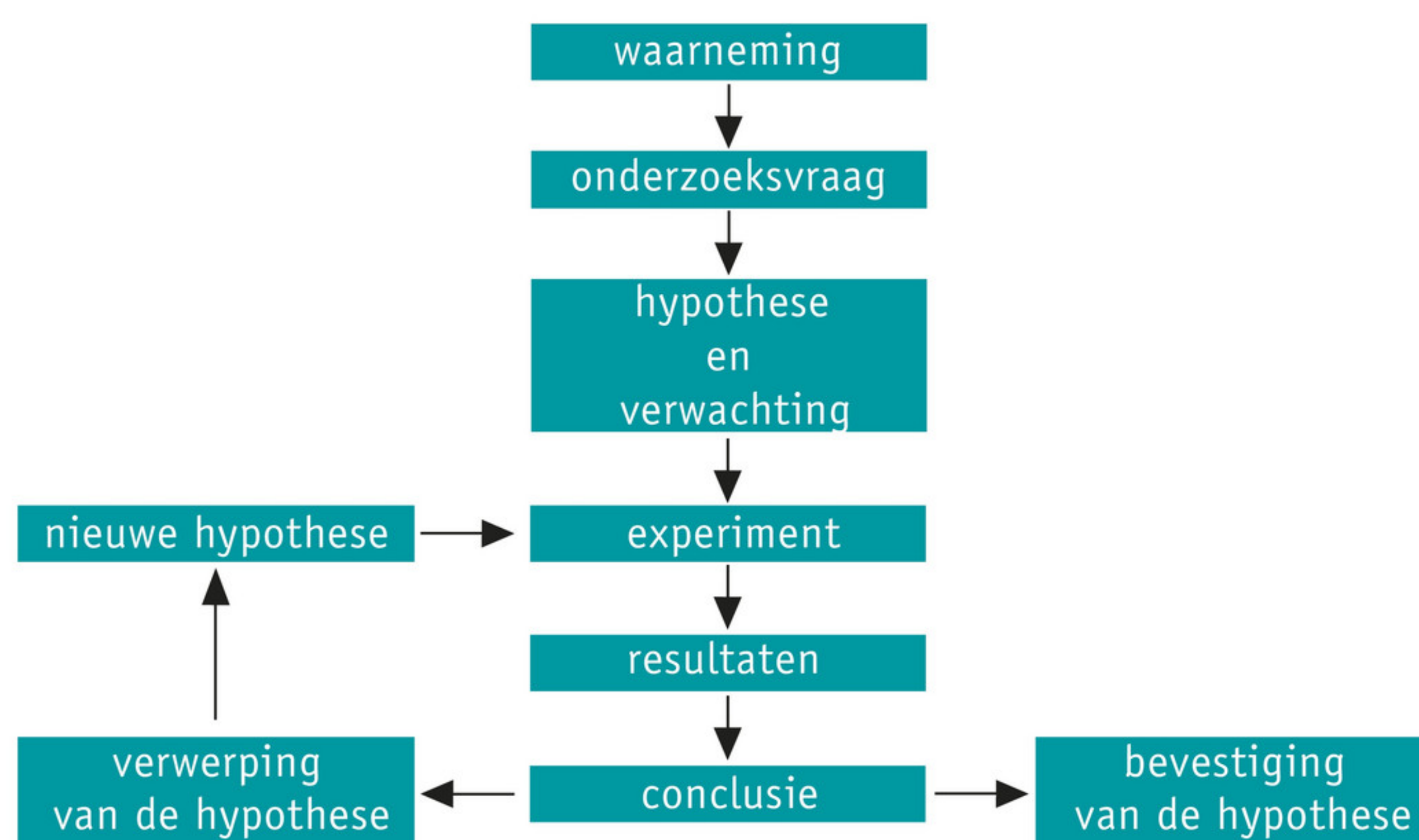
Resultaten

In deze fase verzamel je (meet)gegevens of observaties. De **resultaten** geef je zo overzichtelijk mogelijk weer. Dat kan in de vorm van tabellen, grafieken of diagrammen.

Conclusie

Met de resultaten en alle informatie die je in de literatuur hebt opgezocht, ga je antwoord geven op de onderzoeksvraag. Dit antwoord noem je de **conclusie**. Komt de conclusie overeen met de geformuleerde hypothese, dan is de hypothese juist of bevestigd. Wanneer de hypothese onjuist blijkt te zijn, wordt de hypothese verworpen. Je kunt dan een nieuwe hypothese opstellen en deze met een nieuw experiment toetsen (zie afbeelding 57).

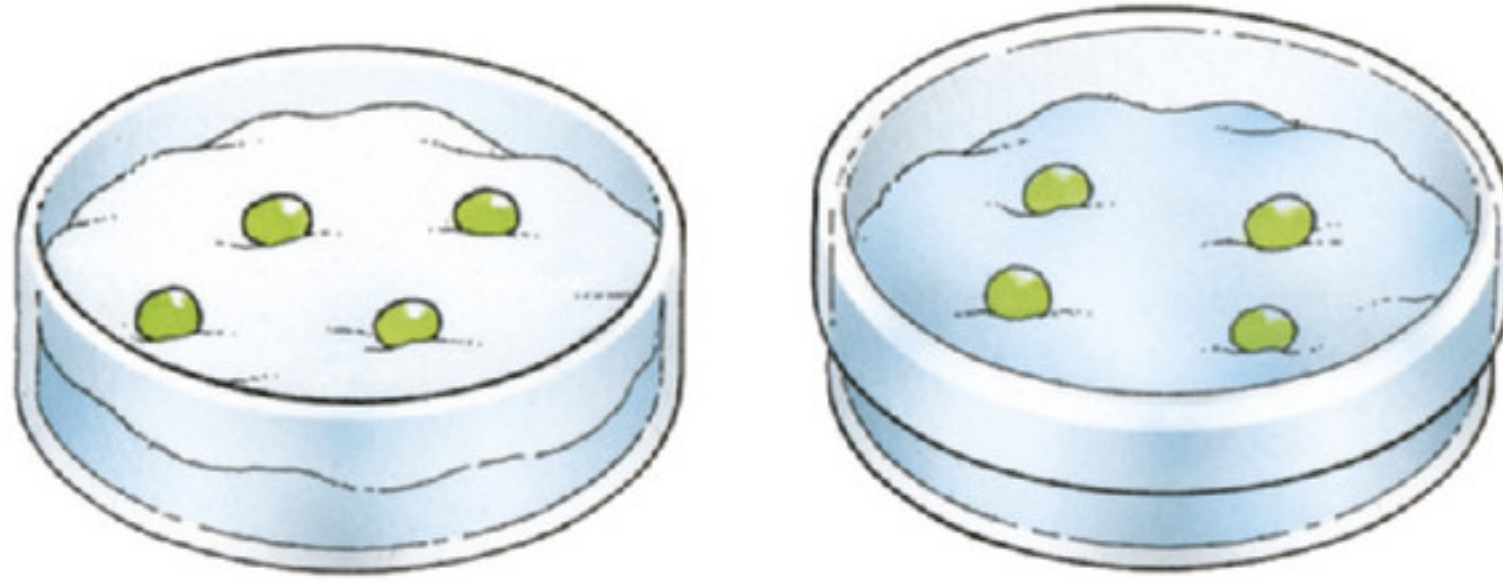
► **Afb. 57** Fasen van een natuurwetenschappelijk onderzoek.



Bij andere typen onderzoek doorloop je niet alle fasen van een natuurwetenschappelijk onderzoek. Bij beschrijvend onderzoek stel je bijvoorbeeld geen hypothese op en voer je geen experiment uit, maar verzamel je metingen of observaties. Bij ontwerpend onderzoek stel je ook geen hypothese op.

opdrachten

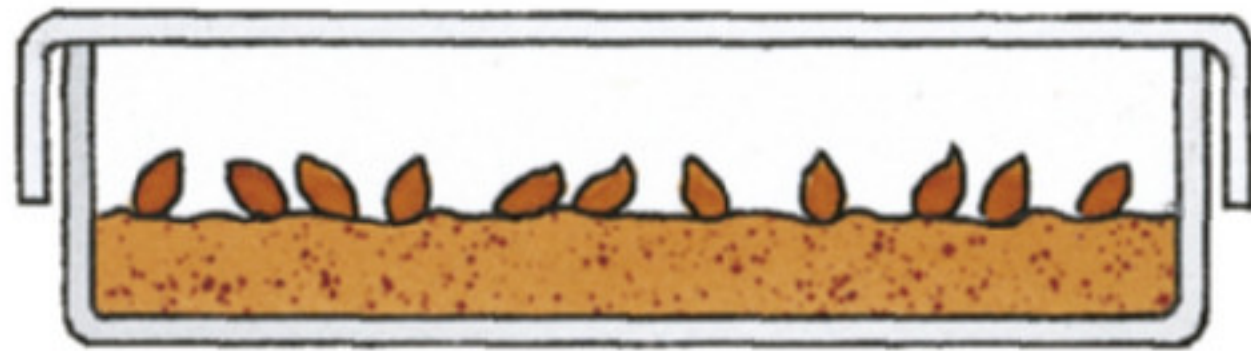
▼ Afb. 58



1 schaal met natte watten

2 schaal met droge watten

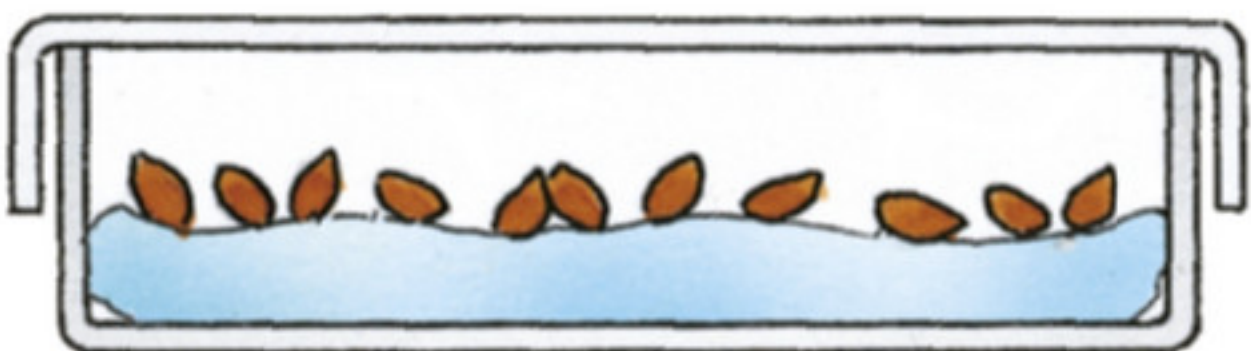
▼ Afb. 59



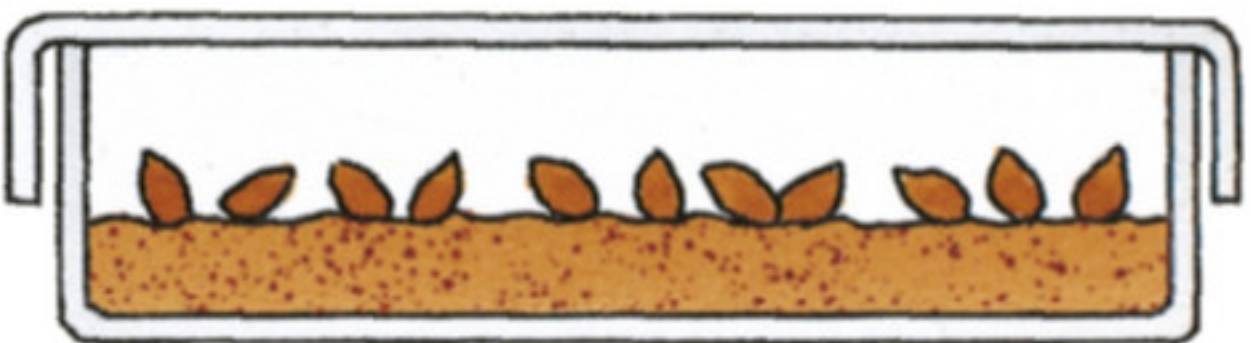
1 natte aarde: temperatuur 20 °C



2 natte watten: temperatuur 6 °C



3 natte watten: temperatuur 20 °C



4 natte aarde: temperatuur 6 °C

- 53 Waarom wordt in een experiment een blanco proef opgenomen?
- 54 a In afbeelding 15 is een replica van de microscoop van Antoni van Leeuwenhoek te zien.
Is de microscoop tot stand gekomen door beschrijvend, hypothesetoetsend of ontwerpend onderzoek?
- b Antoni van Leeuwenhoek ontdekte met zijn microscoop dat weefsels uit cellen bestaan.
Ligt hieraan beschrijvend, hypothesetoetsend of ontwerpend onderzoek ten grondslag? Leg je antwoord uit.
- c Twee leerlingen voeren op school een onderzoek uit waarbij ze twee groepen vergelijken. Ze verzamelen gegevens van jongeren die ontbijten en van jongeren die niet ontbijten. Ze vermoeden dat jongeren die ontbijten slanker zijn dan jongeren die niet ontbijten. De conclusie is dat jongeren die ontbijten inderdaad slanker zijn.
Is deze conclusie tot stand gekomen door beschrijvend, hypothesetoetsend of ontwerpend onderzoek? Leg je antwoord uit.
- 55 Gedragsbioloog Frans de Waal onderzocht of bruine kapucijneraapjes onrechtvaardigheid afkeuren.
- a Wat is de controlegroep in het experiment van Frans de Waal? Leg je antwoord uit.
- b Bij een onderzoek naar de invloed van nicotine (een stof in tabaksrook) wordt gebruikgemaakt van ratten. De experimenteelgroep bestaat uit vier groepen ratten. Elke groep krijgt per 24 uur een bepaalde hoeveelheid nicotine-oplossing ingespoten en wordt in een omgeving gebracht waar de temperatuur 25 °C is.
Beschrijf hoe de controlegroep bij dit experiment moet worden behandeld.
- 56 Een leerling onderzoekt de invloed van water op de ontkieming van erwten. De proefopstelling bevat enkele onnauwkeurigheden (zie afbeelding 58). Beschrijf twee manieren waarop je de proefopstelling kunt verbeteren.
- 57 Je onderzoekt de ontkieming van zaden. Je legt in vier schalen droge zaden (zie afbeelding 59).
Welke van deze schalen moet je met elkaar vergelijken om achter de invloed van de temperatuur op de kieming van zaden te komen?
- 58 In afbeelding 60 zie je de fasen van een natuurwetenschappelijk onderzoek van Francesco Redi (1668).
De tegenstanders van Redi waren niet overtuigd. Zij beweerden dat er geen leven in de afgesloten potten kon ontstaan doordat er geen verse lucht in kan doordringen. Zij waren ervan overtuigd dat lucht levenskracht bezit. Beschrijf een proefopstelling waarmee Redi zijn tegenstanders gemakkelijk had kunnen overtuigen.

▼ Afb. 6o

HET ONTSTAAN VAN MADEN IN ROTTEND VLEES	
Inleiding	In rottend vlees zijn al snel maden te zien. In de tijd van Redi dachten mensen dat maden spontaan in rottend vlees ontstonden. Redi betwistte dat. Hij dacht dat de maden misschien ontstaan uit eieren van vliegen.
Onderzoeksvraag	Ontstaan maden in rottend vlees uit de eieren van vliegen?
Hypothese	Maden in rottend vlees ontstaan uit de eieren van vliegen.
Experiment	 1 experimenteergroep 2 controlegroep
Resultaat	na afloop van het experiment:  1 experimenteergroep 2 controlegroep
Conclusie	Maden in rottend vlees ontstaan uit de eieren van vliegen. De hypothese is juist (aangenomen).

WERKPLAN

In de biologie is het experiment een veelgebruikte onderzoeksmethode. Bij onderzoek maak je van tevoren een **werkplan**. In een werkplan beschrijf je welk experiment of welke experimenten je bij een onderzoek wilt uitvoeren, welke materialen je daarvoor nodig hebt en hoe je de resultaten wilt verwerken. Proefopstellingen bij experimenten moet je beschrijven of tekenen. Ook beschrijf je welke handelingen je op welke tijdstippen gaat verrichten en hoe je je resultaten gaat verzamelen en verwerken. Hierna volgt een aantal vragen die je kunt stellen bij het maken van een werkplan.

Methode

- Welke factor onderzoek je?
- Met welk organisme voer je het experiment uit? Waarom met dit organisme? Hoeveel organismen neem je om betrouwbare gegevens te verkrijgen?
- Onder welke omstandigheden voer je het experiment (en de blancoproef) uit? Hoe zorg je ervoor dat andere factoren niet van invloed zijn?

Materialen

- Wat heb je nodig om het onderzoek te kunnen uitvoeren?

Resultaten

- Op welke manier ga je de resultaten van het onderzoek meten?
- Op welke manier ga je de resultaten weergeven?

HET MAKEN VAN EEN VERSLAG

Elk onderzoek wordt afgesloten met een **verslag**. Hierin beschrijf je nauwkeurig de verschillende fasen van het natuurwetenschappelijk onderzoek. Een verslag bestaat uit de volgende onderdelen.

1 Titel

2 Inleiding

In de inleiding geef je achtergrondinformatie over je onderwerp. Je geeft een beschrijving van het natuurwetenschappelijke probleem dat je wilt onderzoeken. Je formuleert een onderzoeksvraag en stelt eventueel een hypothese op. Op grond van je hypothese spreek je een verwachting uit over de uitkomst van je onderzoek.

3 Werkplan: materiaal en methode

Hierin beschrijf je welke onderzoeksmethode je toepast. In dit deel van het verslag maak je ook een lijst van de benodigde materialen. De beschrijvingen van de onderzoeksmethode en de materialen moeten zo nauwkeurig zijn dat iemand anders in staat is het onderzoek te herhalen.

4 Resultaten

Hierin beschrijf je het verloop van het onderzoek, bijvoorbeeld het verloop van het experiment. Noteer je observaties in woorden en vat je meetresultaten samen in tabellen, grafieken en/of diagrammen.

5 Conclusie

Hierin beschrijf je de interpretatie van je resultaten. Je geeft ook aan of je de resultaten van je hypothese kunt bevestigen of verwerpen.

6 Discussie

In een **discussie** kijk je kritisch naar de proefopstelling en de uitvoering van het onderzoek. Alles draait om de vraag ‘Hoe zeker ben ik van het gevonden antwoord op de onderzoeksvraag?’ Is alles volgens plan verlopen? Probeer zo mogelijk redenen te geven als de resultaten de hypothese niet bevestigen. Stel eventueel een nieuwe hypothese op en geef aan hoe deze hypothese kan worden onderzocht.

7 Literatuur

Hierin vermeld je de bronnen die je bij dit onderzoek hebt geraadpleegd.

opdracht

- 59** Je onderzoekt de invloed van de temperatuur op de groeisnelheid van de wortels van ontkiemende bonen. Water, zuurstof en temperatuur zijn de factoren die van belang zijn voor de ontkieming van een zaad. Voor het experiment heb je de beschikking over tien broedstoven waarvan de temperatuur te regelen is, tweehonderd bonen, een meetlat en voldoende jampotjes, filtreerpapier en water om de bonen te laten ontkiemen. In de broedstoven is voldoende zuurstof en je kunt de verlichting in- of uitschakelen.
- a** Hoeveel bonen leg je te ontkiemen? Leg je antwoord uit
 - b** Op welke temperatuur stel je de broedstoven in? Leg je antwoord uit.
 - c** Wat doe je met de verlichting in de broedstoven? Leg je antwoord uit.
 - d** Welke metingen moet je verrichten om de groeisnelheid van de wortels te kunnen bepalen?
 - e** Wat moet je met de meetresultaten doen voordat je een conclusie kunt trekken?

CONTEXT

Leefwereld

▼ Afb. 61 Het eerste dialyseapparaat.



Van varkensdarm tot kunstnier

In 2015 zijn er 6500 mensen in Nederland waarvan de nieren zo slecht functioneren, dat ze thuis of in een centrum dialyseren. Desiree vertelt: ‘Mijn nieren werken onvoldoende. Een dialyseapparaat haalt de meeste afvalstoffen uit mijn bloed, maar niet alles. Door je stofwisseling maak je afvalstoffen en water aan die de nieren bij een gezond persoon uit het bloed filteren. Het gaat maar om twee theelepeltjes afvalstoffen per dag! Maar ik zou al binnen een paar dagen doodgaan als de afvalstoffen zich ophopen.’

Professor Kolff bedacht tijdens de Tweede Wereldoorlog een manier om de afvalstoffen uit het bloed van patiënten te filteren. Hij maakte een dialyseapparaat en gebruikte daarvoor overblijfselen van een Duitse bommenwerper, een waterpomp uit een oude auto en een varkensdarm van de slager. Een varkensdarm is in staat om te filteren. Het laat afvalstoffen en water wel door, maar bloedcellen niet. Een spoelvroestof buiten de varkensdarm neemt de afvalstoffen en een deel van het water uit het bloed van de patiënt op door middel van diffusie en osmose. De dialyseapparaten die tegenwoordig worden gebruikt, zijn nog steeds gebaseerd op het eerste ontwerp van professor Kolff. De varkensdarm is inmiddels vervangen door een kunststof membraan.

opdracht

- 60** De Nederlander Willem Kolff (1911–2009) bedacht een manier om de afvalstoffen uit het bloed van patiënten te filteren. Hij maakte een dialyseapparaat.
- Door welk type onderzoek is het dialyseapparaat tot stand gekomen?
 - Dialyseren is niet ideaal.
Welk nadeel is in de tekst genoemd?
 - Patiënten die dialyseren doen dat drie keer per week. Dat duurt zo’n drie tot vier uur.
Wat is een groot verschil als je de werking van de nieren vergelijkt met de werking van een dialyseapparaat?
 - Wat is de osmotische waarde van de spoelvroestof ten opzichte van de osmotische waarde van het bloed in een dialyseapparaat? Leg je antwoord uit.

►► PRACTICUMOPDRACHT 9

►►  OLYMPIADE OPDRACHT 2

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Doe online de verrijksstoffen, de flitskaarten en de oefentoets.
- Ga in het boek verder met de Samenhang en de Examentrainer.

Leerdoelen

- Je kunt verschillende typen van natuurwetenschappelijk onderzoek toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- Je kunt de biologische vakvaardigheden ecologisch, evolutionair en vorm-functiedenken toepassen op planten en dieren.

Expeditie Spitsbergen

In augustus 2015 vertrekt een bonte verzameling van wetenschappers en BN’ers richting Spitsbergen om onderzoek te doen naar de gevolgen van klimaatverandering.

Op de zolder van Rijksuniversiteit Groningen ontstond het idee voor de grootste Nederlandse poolexpeditie ooit, toen bioloog Maarten Loonen een kist met rendierschedels vond. De rendierschedels waren afkomstig van een onderzoeksproject op het eiland Edgeøya. Van 1968 tot en met 1988 hebben Nederlandse wetenschappers veel data verzameld over planten en dieren op dit eiland. Een gevaarlijke klus! Zo moest een groep wetenschappers drie dagen lang vluchten voor een ijsbeer. Bij bioloog Piet Oosterveld (1939–2016) beet een ijsbeer een stuk van oor, wang en hoofdhuid af. Hij liep nog jaren rond met twee deuken in zijn achterhoofd. Gelukkig overleefden de wetenschappers hun ontmoetingen met de levensgevaarlijke ijsberen, maar daarna werd op Edgeøya nauwelijks nog onderzoek gedaan.

Maarten Loonen vindt het geweldig om juist nu terug te gaan naar het eiland. Het klimaat is de afgelopen decennia milder geworden en het zee-ijs is twee maanden eerder weg dan vroeger. Door nieuwe waarnemingen te vergelijken met oude waarnemingen is het mogelijk de gevolgen van klimaatverandering op planten en dieren te bestuderen.

Ecoloog dr. Sip van Wieren van Wageningen University bracht al eens vier maanden door op Edgeøya en verzamelde 350 rendierkaken. De tanden en kiezen gebruikte hij om de leeftijdsopbouw van de populatie te bepalen. Door de korte duur van deze expeditie kan hij nu niet zoveel kaken verzamelen. Daarom zal Van Wieren het DNA van de oude kaken vergelijken met kaken die hij nu vindt. Zo kan hij meer te weten te komen over veranderingen van de rendierpopulatie op het eiland.

opdrachten

- 1 Neem het schema over en vul de woorden in bij het juiste organisatieniveau. Kies uit: *DNA – eiland Edgeøya – ijsbeer – klimaatverandering – rendieren – rendierschedel.*

Organisatieniveau	Begrip
Biosfeer	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

▼ **Afb. 1** Levensgevaarlijke ijsberen.▼ **Afb. 2** Welke invloed heeft klimaatverandering op rendieren?

- 2 De onderzoekers moeten goed oppassen voor rondzwervende ijsberen (zie afbeelding 1). De ijsbeer (*Ursus maritimus*) is het grootste landroofdier ter wereld. Hij zwerft op jacht naar zijn voedsel, de kleine zeehond, langs de rand van het pakij over het hele Noordpoolgebied. De ijsbeer heeft allerlei aanpassingen om in dit klimaat te kunnen functioneren. Welke functies hebben de volgende vier aanpassingen: stukjes huid tussen de tenen, grote en brede voetzolen, behaarde voetzolen en kleine kussentjes onder de voetzolen?
- 3 Welk type onderzoek gebruikten de wetenschappers die in de beginjaren onderzoek deden op Edgeøya vooral? Leg uit waarom dat zo is.
- 4 Het voedsel van de rendieren op Edgeøya is een groot deel van het jaar onbereikbaar omdat het zich onder sneeuw bevindt. In 1977 moesten de rendieren (zie afbeelding 2) zich in de drie zomermaanden volvreten met onder andere grassen en korstmossen om een grote vetreserve op te bouwen om de volgende maanden door te komen. Stel een hypothese op over de overlevingskansen van rendieren op Edgeøya door de klimaatveranderingen.
- 5 Tanden en kiezen in de schedels van rendieren geven informatie over de leeftijd waarop het dier is doodgegaan. Tijdens het leven van een rendier wordt continu een beetje tandcement afgezet aan de buitenkant van de wortels door cellen (cementoblasten). Door ander zomer- en wintervoedsel verschillen tandcementlaagjes die in de zomer en winter ontstaan. In een dwarsdoorsnede van een tandwortel kun je dit zichtbaar maken en met de 'jaarringen' de leeftijd bepalen. Het tandcement bestaat uit een eiwit en wordt gemaakt door speciale cellen, cementoblasten genaamd.
 - a Welke celorganellen in cementoblasten zijn betrokken bij de productie van het tandcement bij rendieren?
 - b Welk van deze organellen is verantwoordelijk voor het afzetten van cement door de cementoblasten? Leg je antwoord uit.
- 6 Planten langs de kust van Edgeøya groeien in een bodem met een hoog zoutgehalte. Ook het zoutgehalte van het bodemwater is hoger. Cellen van planten die in een zoute omgeving groeien hebben een hogere osmotische waarde dan de osmotische waarde van het bodemwater.
 - a Hoe noem je een omgeving (het bodemwater) waarvan de osmotische waarde lager is dan die van het cytoplasma in de cellen?
 - b Wat zou er gebeuren als planten zich niet zouden beschermen tegen de hoge osmotische waarde van de bodem?

Practica

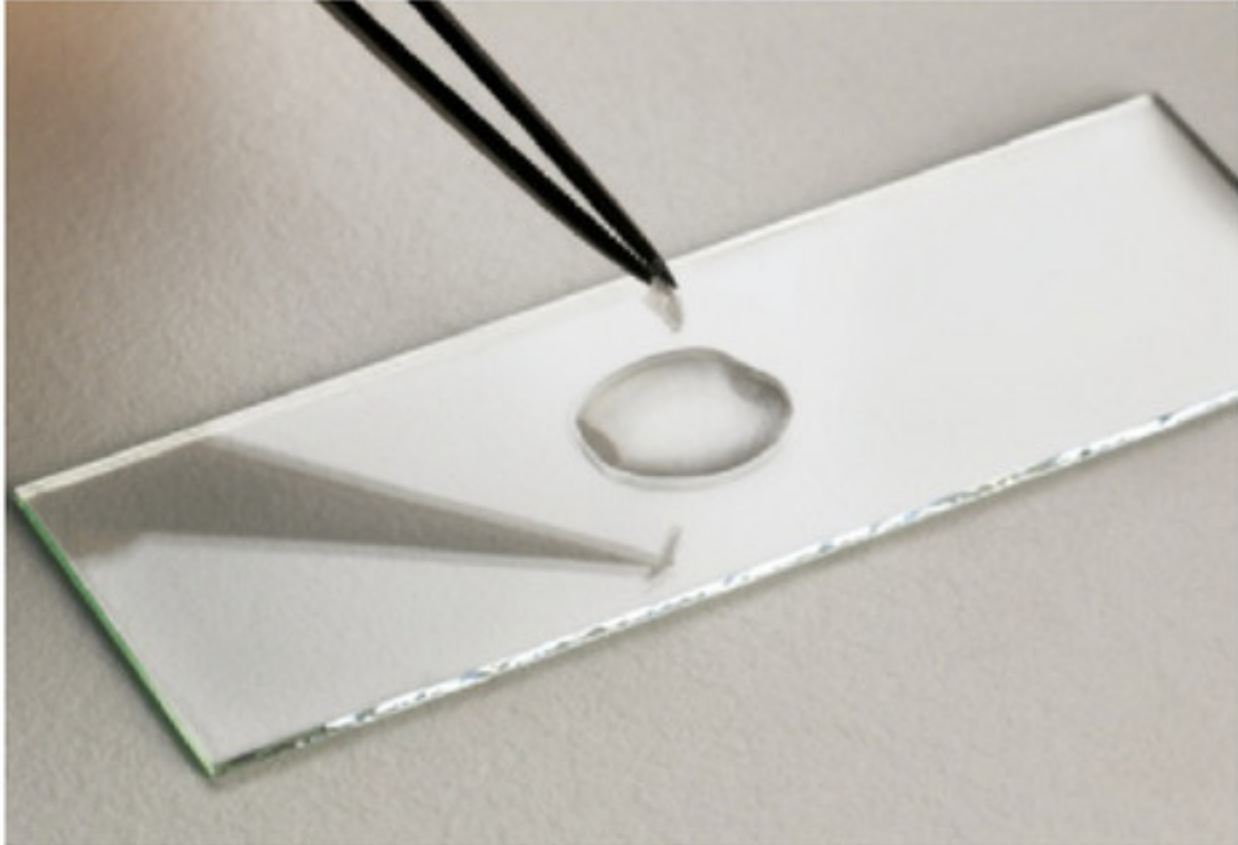
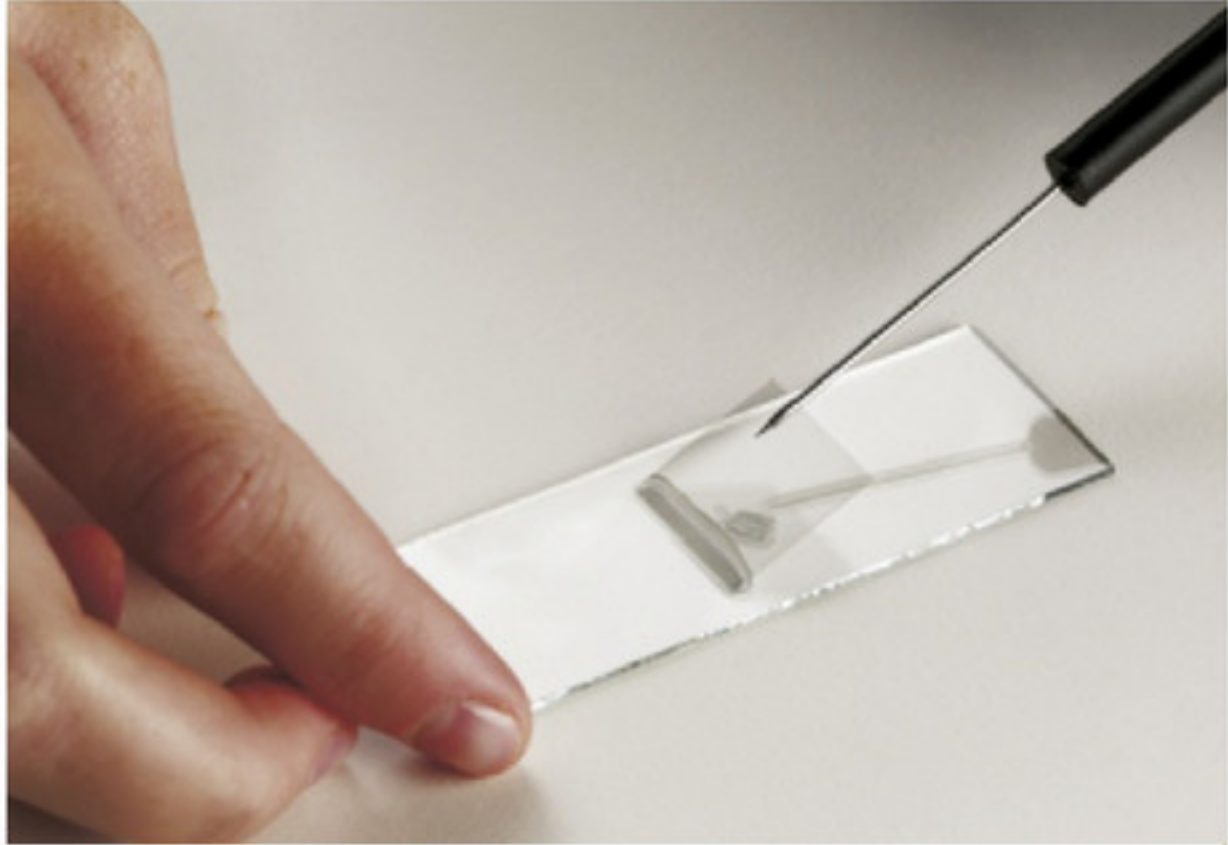
▼ Afb. 1

BIOLOGISCHE TECHNIEK		WERKEN MET EEN LICHTMICROSCOOP	
Doel	Cellen zijn met het blote oog niet te zien. Je kunt cellen wel bekijken met een lichtmicroscop doordat lenzen in de microscoop het beeld vergroten.		
Werkwijze	<i>Stel eerst in op de kleinste vergroting.</i> – Draai de tubus helemaal omhoog (of de tafel helemaal omlaag). – Draai het objectief 4× voor. – Leg het preparaat onder de klemmen, midden boven de opening in de tafel. – Kijk van opzij en draai de tubus helemaal omlaag (of de tafel helemaal omhoog). – Doe de lamp aan. – Kijk door het oculair en draai met de grote schroef langzaam de tubus omhoog (of de tafel omlaag), tot het beeld scherp wordt. <i>Stel met de kleine schroef nauwkeurig scherp.</i> – Verander het diafragma en kijk welke grootte van het diafragma het beste beeld geeft. <i>Instellen op een grotere vergroting.</i> – Je hebt al scherpgesteld bij een kleinere vergroting. – Schuif het gedeelte van het preparaat dat je sterker wilt vergroten in het midden van het beeld. – Draai het objectief dat één maat groter is voor (draai niet aan de grote schroef). – Stel met de kleine schroef nauwkeurig scherp.		

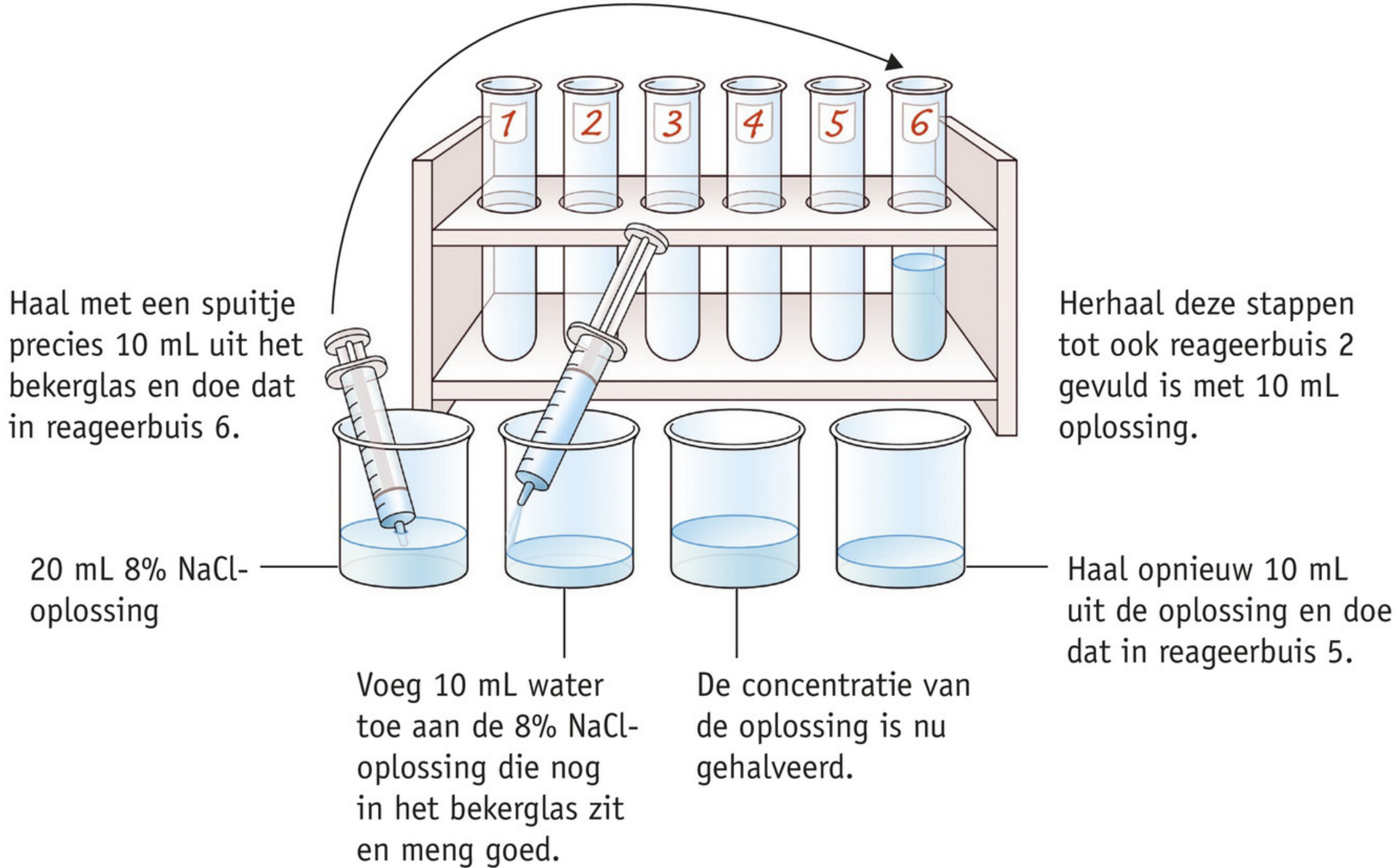
▼ Afb. 2

BIOLOGISCHE TECHNIEK		TEKENINGEN MAKEN	
Doel	Door een (deel van een) organisme te tekenen, bekijk je het heel nauwkeurig. In je tekening teken je alleen de belangrijkste kenmerken.		
Werkwijze	– Verdeel een bladzijde in tweeën. – Teken groot. – Gebruik een potlood. – Teken eerst de omtrek. – Teken wat je ziet. – Maak niet te ingewikkelde tekeningen. – Noteer boven in het tekenvak: – de naam van het (deel van) het organisme; – de vergroting; – het type doorsnede; – eventueel de kleurstof die is gebruikt. – Zet de namen bij de delen die je kent (met horizontale verbindingsstreepjes).		

▼ Afb. 3

BIOLOGISCHE TECHNIEK		EEN PREPARAAT MAKEN
Doel	Met een microscoop kun je alleen (delen van) een organisme bekijken die heel erg dun zijn en licht doorlaten. Je maakt hiervan een preparaat.	
Werkwijze	– Breng een druppel water op een schoon voorwerpglas. Pak de glaasjes daarna alleen nog vast bij de randen. – Leg het (deel van het) organisme voorzichtig in de druppel water. Let erop dat het niet oprolt of dubbel komt te liggen. – Doe er voorzichtig een dekglasje op. Voorkom dat er luchtbelllen ontstaan. Haal overtollig water met een filtreerpapier weg.  1  2  3	

▼ Afb. 4

BIOLOGISCHE TECHNIEK		EEN VERDUNNINGSREEKS MAKEN
Doel	Om de invloed van de concentratie tijdens een onderzoek te bepalen, maak je een verdunningsreeks. De kans op meetfouten is dan klein omdat je maar één keer een oplossing maakt en je met grotere hoeveelheden werkt.	
Werkwijze	– Maak een dubbele hoeveelheid van de oplossing met de hoogste concentratie. – Doe precies de helft van de oplossing in een schone reageerbuis. – Vul de overgebleven helft aan met een precies even grote hoeveelheid water. – Herhaal de 2e en 3e stap tot de laagste concentratie is bereikt. Maak het materiaal tussentijds steeds goed schoon. 	

practicumopdracht 1**MATERIAAL**

- een klaargemaakt preparaat
- een microscoop

practicumopdracht 2**MATERIAAL**

- een rode ui
- een microscoop
- prepareermateriaal

Een preparaat bekijken

►► BASISSTOF 3

In dit practicum bekijk je met een microscoop een klaargemaakt preparaat en maak je een schematische tekening.

METHODE

- Bekijk het preparaat bij de kleinste, middelste en grootste vergroting.

RESULTATEN

- Teken enkele cellen uit het preparaat.

Een plantaardige cel

►► BASISSTOF 3

Een ui bestaat uit rokken. Cellen met rode kleurstof zitten in de cellen aan de buitenkant van de buitenste rokken van de rode ui (zie afbeelding 5). In dit practicum bekijk je enkele organellen in een plantaardige cel van een rode ui en maak je een schematische tekening.

▼ **Afb. 5** Vliesje van de buitenkant van de rok van een ui.

**METHODE**

- Maak een sneetje in het buitenste vliesje en trek een stukje van het vliesje los. Als het vliesje te groot is, snijd dan een stukje van ongeveer 1 cm² uit.
- Maak een preparaat van het vliesje.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 40×, daarna bij een vergroting van 100×.

Misschien zie je in het preparaat grote zwarte cirkels. Dat zijn luchtbelllen. Zoek voor het bekijken van de cellen een stukje zonder luchtbelllen op. Het kan ook zijn dat het vliesje dubbelgeklapt is. Je ziet dan twee cellagen op elkaar. Zoek een deel op waar de cellen niet over elkaar liggen.

RESULTATEN

- Teken één plantaardige cel van een rode ui helemaal en geef het begin van de omliggende cellen aan.
- Benoem de delen van de cel die je ziet: celwand, cytoplasma, vacuole en celkern.

practicumopdracht 3

MATERIAAL

- een wattenstaafje of een plastic roerstaafje
- een microscoop
- prepareermateriaal
- eosine of jodiumoplossing
- een druppelpipet

Een dierlijke cel

►► BASISSTOF 3

Cellen van je wangslimvlies zijn dierlijke cellen. Omdat een cel van het wangslimvlies kleurloos is, kleur je de cel met eosine. In dit practicum oefen je met het maken en kleuren van een preparaat en bekijk je enkele organellen in een dierlijke cel.

METHODE

- Doe een druppel eosine op een voorwerpglas.
- Schraap met het wattenstaafje langs de binnenkant van je wang (zie afbeelding 6).
- Doe het schraapsel in de druppel eosine op het voorwerpglas en maak het preparaat verder af.
- Bekijk het preparaat. Begin bij een vergroting van 40×. Zoek met een sterkere vergroting losliggende cellen op. Soms liggen cellen over elkaar of zitten ze aan elkaar vast.

▼ **Afb. 6** Schraap met een wattenstaafje langs de binnenkant van je wang.



RESULTAAT

- Teken enkele wangslimvliescellen.
- Benoem de delen van de cel die je herkent.

practicumopdracht 4

MATERIAAL

- een stengeltje met bladeren van waterpest
- een microscoop
- prepareermateriaal

▼ **Afb. 7** Een preparaat van een blad van waterpest.



Bladgroenkorrels

►► BASISSTOF 3

Waterpestplanten zijn te koop als ‘zuurstofplantjes’ voor aquaria. Het blad van waterpest is twee cellagen dik en daardoor kun je er gemakkelijk een preparaat van maken. In dit practicum bekijk je bladgroenkorrels van waterpest.

METHODE

- Trek met het pincet een blaadje van waterpest af en maak daarvan een preparaat.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100×. Stel scherp in op een van beide cellagen.
- Zet het diafragma op de grootste opening. Bekijk het preparaat bij een vergroting van 400×. Stel zo scherp dat je bij een cel de bladgroenkorrels in een laagje langs de celwand ziet liggen. Als je de bladgroenkorrels in het midden van een cel ziet liggen, heb je scherp-gesteld op de bovenkant of op de onderkant van de cel. Misschien zie je de bladgroenkorrels met het cytoplasma rondstromen. De celkern is bij waterpest kleurloos, die kun je niet zien.

RESULTAAT

- Teken één cel met de celwand uit een blaadje van waterpest.
- Benoem de delen van de cel die je herkent.

practicumopdracht 5

MATERIAAL

- 2 identieke glazen
- kleurstof (in flesje met druppelpipet)
- koud leidingwater
- warm leidingwater
- stopwatch of mobieltje

De invloed van temperatuur op de diffusiesnelheid

►► BASISSTOF 5

De bewegingssnelheid van moleculen is onder andere afhankelijk van de temperatuur. In dit practicum onderzoek je de invloed van temperatuur op de diffusiesnelheid van kleurstof in water.

METHODE

Wanneer je kleurstoffen in water druppelt, gaan de kleurstofmoleculen zich homogeen over het water verdelen. Na een tijdje is de oplossing op alle plaatsen gelijk van kleur.

- Vul een glas met warm water en een identiek glas met evenveel koud water.
- Laat de glazen met het water twee minuten staan zodat het water tot rust kan komen.
- Druppel in het glas met koud water vijf druppels blauwe kleurstof. Start de tijdwaarneming.
- Zodra een homogene oplossing is ontstaan, stop je de waarneming.
- Herhaal het onderzoek met hetzelfde aantal druppels blauwe kleurstof in warm water.

RESULTAAT

- Noteer je tijdwaarnemingen in een tabel.

Beantwoord de volgende vraag.

- 1 Wat kun je zeggen over de diffusiesnelheid van de kleurstof en de temperatuur van het water? Leg uit hoe dit komt.

practicumopdracht 6

MATERIAAL

- geconcentreerde soda-oplossing
- geconcentreerde calciumchloride-oplossing
- koud en warm water
- petrischaal
- 2 (pasteur)pipetten
- stopwatch of mobieltje
- watervaste stift
- eventueel blauw papier

De diffusiesnelheid van opgeloste stoffen in water

►► BASISSTOF 5

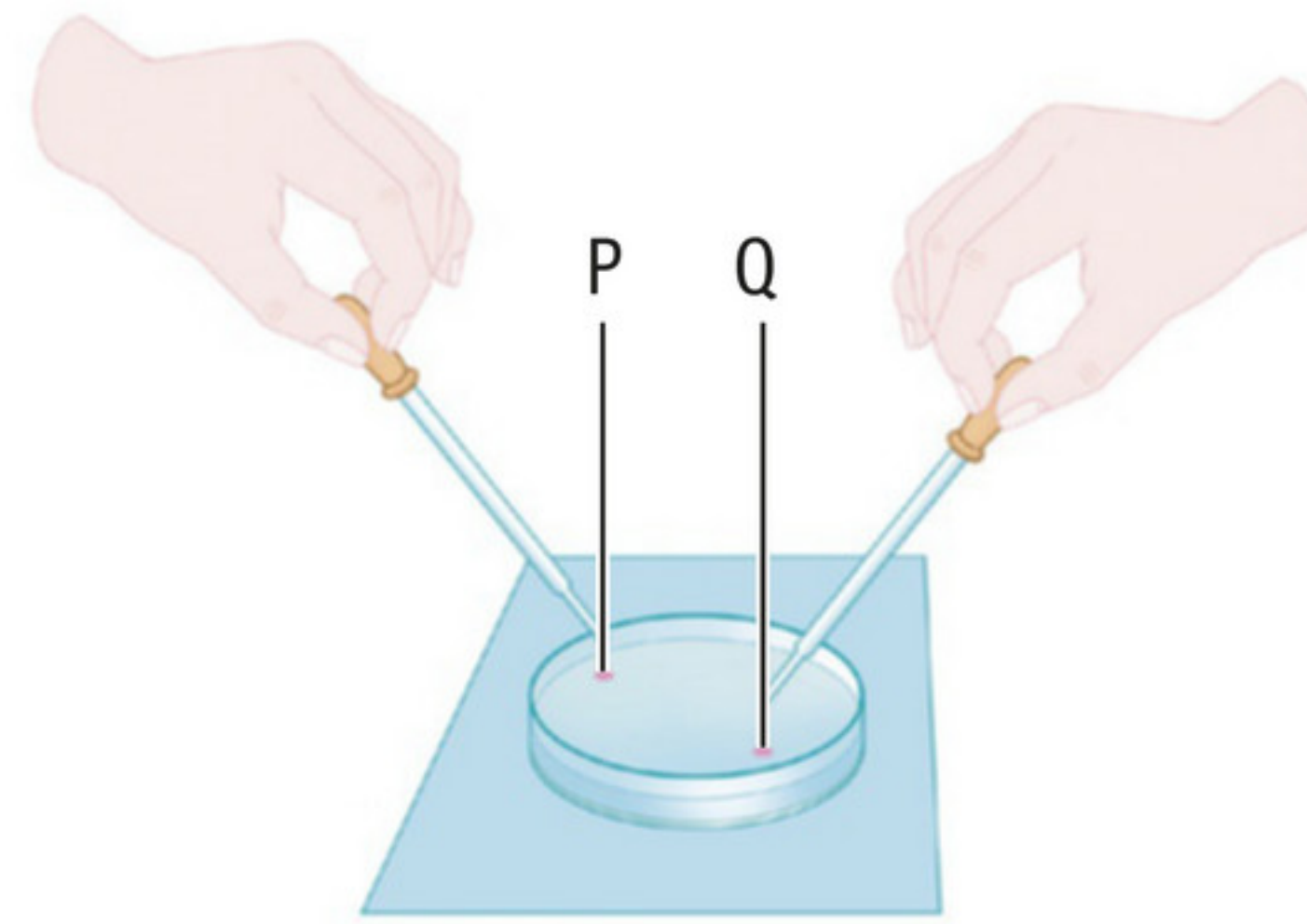
De bewegingssnelheid van moleculen is van invloed op de diffusiesnelheid. In dit practicum onderzoek je hoe snel de opgeloste stoffen diffunderen in een soda-oplossing en in een calciumchloride-oplossing.

METHODE

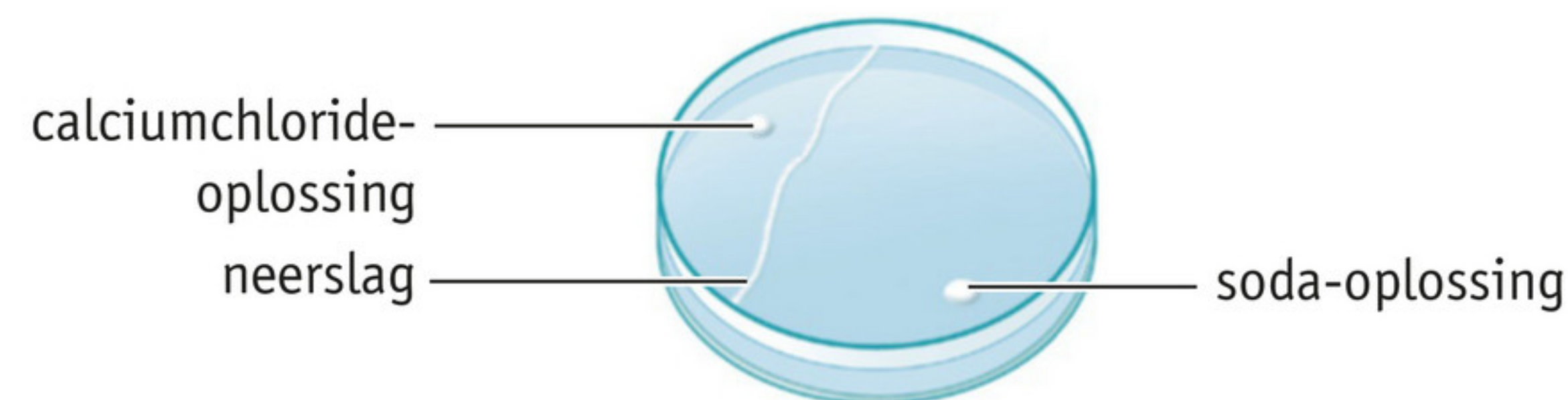
Sommige opgeloste stoffen reageren met elkaar waarbij een neerslag ontstaat. Dat gebeurt bij een soda-oplossing en een calciumchloride-oplossing. Op het moment dat de opgeloste stoffen bij elkaar komen, ontstaat een neerslag. Door de stoffen op een bepaalde afstand van elkaar in water te doen kun je bepalen hoe snel de opgeloste stoffen door het water diffunderen.

- Zet op de bodem van een petrischaal twee stippen met stift. Zet de stippen op ongeveer 1 cm van de rand recht tegenover elkaar.
- Vul de petrischaal met koud water en zet hem op een vaste ondergrond. De petrischaal mag tijdens het experiment niet bewegen. (Tip: door de petrischaal op een blauw papier te zetten zie je nog beter wat er gebeurt.)
- Laat met een (pasteur)pipet boven de ene stip een druppel soda-oplossing in het water vallen en tegelijk bij de andere stip een druppel calciumchloride-oplossing. Start op hetzelfde moment de tijdwaarneming.
- Zodra in de petrischaal een neerslag te zien is, stop je de tijdwaarneming.
- Herhaal het onderzoek met warm water.

▼ Afb. 8



▼ Afb. 9



RESULTAAT

- Noteer je tijdwaarneming in een tabel.
- Wat kun je zeggen over de diffusiesnelheid en de temperatuur van het water?

practicumopdracht 7

MATERIAAL

- een rode ui
- een microscoop
- prepareermateriaal
- kaliumnitraatoplossing (KNO_3) van 10% in een flesje met een druppelpipet
- gedestilleerd water

Plasmolyse

►► BASISSTOF 5

Bij plasmolyse wordt de inhoud van een plantaardige cel kleiner door waterverlies en laat het celmembraan los van de celwand. In dit practicum bekijk je plasmolyse bij cellen van een rode ui.

METHODE

- Maak een preparaat van het buitenste vliesje van een rode rok van de rode ui.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van $100\times$. Zoek cellen waarvan de vacuolen rood zijn gekleurd.
- Breng aan de rand van het dekglas een druppel KNO_3 -oplossing aan. Bekijk het preparaat bij een vergroting van $100\times$, terwijl je met filtreerpapier de KNO_3 -oplossing onder het dekglas door zuigt. Wacht tot de cellen plasmolyse vertonen. Zuig eventueel een tweede druppel KNO_3 -oplossing onder het dekglas door.
- Teken drie aan elkaar grenzende cellen met de celwanden.
- Zuig nu op dezelfde manier met filtreerpapier gedestilleerd water onder het dekglas door. Kijk wat er met de cellen gebeurt.
- Teken opnieuw drie aan elkaar grenzende cellen met de celwanden.

RESULTAAT

- Drie aan elkaar grenzende, in plasmolyse verkerende cellen met de celwanden.
- Drie aan elkaar grenzende cellen in gedestilleerd water.

practicumopdracht 8

MATERIAAL

- 6 reageerbuizen (Ø 18 mm) en een reageerbuisrek
- etiketten of watervaste stift
- een bekerglaasje met gedestilleerd water
- een bekerglaasje van 50 mL met precies 20 mL keukenzout-oplossing (NaCl-oplossing) van 8%
- een spuitje, maatcilinder of pipet van 10 mL
- een grote aardappel
- een scheermes of een aardappelschilmesje
- een liniaal

Osmose bij verschillende concentraties

» BASISSTOF 6

De schil van aardappels gaat verdamping tegen. Toch drogen aardappels na een tijdje uit en worden ze slapper en kleiner. Wanneer de cel zoveel water verliest dat er plasmolyse optreedt, verandert de grootte niet meer. In dit practicum onderzoek je of je de osmotische waarde van aardappelstaafjes kunt bepalen door ze in verschillende oplossingen te leggen.

ONDERZOEKSVRAAG

Kan de osmotische waarde van aardappelcellen worden bepaald aan de hand van de lengte en stevigheid van aardappelstaafjes, die in oplossingen met oplopende osmotische waarde hebben gelegen?

HYPOTHESE

Wanneer de lengte en stevigheid van de aardappelstaafjes bij een bepaalde concentratie niet meer verandert, komt de osmotische waarde van de oplossing overeen met de osmotische waarde van de aardappelcellen.

METHODE

- Nummer de reageerbuizen van 1 tot en met 6.
- Doe 10 mL gedestilleerd water in reageerbuis 1. De concentratie keukenzout in buis 1 is dan 0%.
- De verschillende concentraties in buis 2 tot en met 6 krijg je door een verdunningsreeks te maken van 8% tot 0,5% keukenzoutoplossing. Begin met 20 mL van een keukenzoutoplossing van 8%. Gebruik voor het afmeten van de hoeveelheden het spuitje, maatcilinder of pipet van 10 mL en maak dat na ieder gebruik goed schoon met gedestilleerd water.
- Snijd uit de aardappel staafjes van precies 50 mm lang en ongeveer 7 mm breed en dik.
- Doe in iedere reageerbuis een staafje. Zorg ervoor dat in alle buizen het staafje aardappel helemaal in de vloeistof zit.
- Laat de buizen een dag staan en haal dan de staafjes uit de buizen.
- Meet de lengte van elk staafje in millimeter nauwkeurig.

RESULTAAT

- Geef de resultaten weer in een tabel. Noteer de lengte aan het begin, de lengte aan het einde en de lengteverandering. Noteer ook bij ieder staafje of het stevig aanvoelt of niet, ten opzichte van een vers staafje aardappel.
- Maak van de gegevens over de lengteverandering een grafiek.

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 In welk traject van de grafiek bezitten de aardappelcellen turgor?
- 2 In welk traject van de grafiek is er sprake van plasmolyse?
- 3 Met welke NaCl-concentratie komt de osmotische waarde van een aardappelcel overeen? Leid je antwoord af uit de grafiek.
- 4 Welke conclusie kun je trekken?

DISCUSSIE

Beantwoord de volgende vraag.

- 5 Zijn er veranderingen in lengte of stevigheid van de staafjes opgetreden die je niet had verwacht? Welke verklaring heb je hiervoor?
 - Maak een verslag waarin je de antwoorden op de vragen verwerkt.

practicumopdracht 9

MATERIAAL

- dialyseslang ± 15 cm
- elastiekjes
- 10 mL-pipet
- suikeroplossing van 10% met (blauwe) kleurstof
- leidingwater
- bekerglas 1000 mL
- bekerglas 100 mL
- touwtje
- standaard voor pipet

▼ **Afb. 10** Dialysemembraan met pipet.

Osmose zichtbaar maken

►► BASISSTOF 6

Een dialysemembraan is een semipermeabel membraan dat wordt gebruikt in kunstnieren. In dit ontwerpend onderzoek toon je osmose aan met behulp van een dialysemembraan, een pipet, suikeroplossing van 10% en water. Je ontwerpt met deze materialen zelf een proefopstelling.

ONDERZOEKSVRAAG

Hoe kun je osmose aantonen met een proefopstelling waarbij je een dialysemembraan, een pipet, suikeroplossing van 10% en water gebruikt?

METHODE

- Bedenk wat er gebeurt als je water en een suikeroplossing van 10% scheidt door een semipermeabel membraan.
- Bekijk de materialen. Ontwerp hiermee een proefopstelling om osmose aan te tonen. Gebruik hierbij afbeelding 10. Maak een tekening van je proefopstelling waarin je met een pijl aangeeft in welke richting water zich gaat verplaatsen door osmose.
- Als je je ontwerp klaar hebt, controleer je of het overeenkomt met het voorbeeld in het uitwerkingenboek.
- Wanneer je ontwerp in orde is, kun je het gaan uitvoeren. Zorg ervoor dat je het vloeistofniveau in de pipet goed kunt aflezen.

Tip: maak het stukje dialyseslang flink nat en wrijf het zo tussen duim en wijsvinger dat de tegen elkaar geplakte kanten losraken. Zorg ervoor dat je het dialysemembraan onder en boven goed dichtbindt zodat het niet kan lekken.

RESULTAAT

- Noteer het vloeistofniveau (in mL) in je pipet aan het begin.
- Noteer het vloeistofniveau (in mL) in je pipet na een half uur.
- Bepaal het volume (in mL) waarmee het vloeistofniveau is gestegen of gedaald.

CONCLUSIE

- 1 Welke conclusie kun je trekken?

DISCUSSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 2 Wat ging er goed? Wat kon beter?
- 3 Als de resultaten niet overeenkomen met je verwachting, wat zijn dan mogelijke redenen?
 - Maak een verslag waarin je de antwoorden op de vragen verwerkt.

Samenvatting

LEERDOEL 1 ►► BASISSTOF 1

Je kunt beschrijven wat biologie is en uitleggen op welke gebieden biologie een rol speelt.

- Biologie is een natuurwetenschap en bestudeert organismen (levende wezens).
 - Alle organismen vertonen levensverschijnselen zoals voortplanting, groeien, ontwikkelen en stofwisseling.
 - Stofwisseling: alle chemische reacties in een organisme.
 - Enzymen (zijn eiwitten) versnellen (katalyseren) de chemische reacties van stofwisselingsprocessen.
 - Een organisme dat geen levensverschijnselen meer vertoont, is dood. Dingen in de natuur die nooit hebben geleefd zijn levenloos.
- Kennis van en inzicht in biologische processen en systemen is steeds relevanter bij belangrijke vraagstukken van de toekomst op het gebied van bijvoorbeeld voeding, gezondheid en duurzame ontwikkeling.
- Een situatie waarin biologie een rol speelt is een context voor het vak biologie.

LEERDOEL 2 ►► BASISSTOF 1

Je kunt de levenscyclus van dieren beschrijven.

- Elk organisme (individu) heeft een levensloop. De levensloop begint direct na het ontstaan van het organisme en eindigt met de dood van het organisme.
- Elke soort heeft een levenscyclus doordat alle individuen van een soort tijdens hun levensloop dezelfde fasen of stadia van ontwikkeling doorlopen. Hoewel individuen van een soort sterven, blijft de soort voortbestaan.
 - Ontwikkelen: optreden van veranderingen in de bouw en het functioneren van het organisme of van bepaalde delen ervan.
- Soort: organismen die zich onderling kunnen voortplanten en daarbij vruchtbare nakomelingen voortbrengen.

LEERDOEL 3 ►► BASISSTOF 1

Je kunt de organisatieniveaus van de biologie benoemen en uitleggen dat op elk hoger organisatieniveau emergente eigenschappen ontstaan.

- Organismen zijn georganiseerd in biologische eenheden (van klein naar groot en van eenvoudig naar complex).
- Molecuul: bouwstenen van stoffen en van cellen, bijvoorbeeld DNA.

- DNA bevat de erfelijke informatie voor een organisme.
- Cel: organismen bestaan uit een of meer cellen.
- Orgaan: deel van een organisme met een specifieke bouw en functie.
- Organisme: eencellig of meercellig levend wezen (individu).
- Populatie: groep individuen van dezelfde soort die in een bepaald gebied leven en die zich onderling voortplanten.
- Ecosysteem: een min of meer begreemd gebied met bepaalde eigenschappen, zowel de levende als de niet-levende natuur.
- Biosfeer (systeem aarde): het geheel aan ecosystemen op aarde.
- Emergente eigenschappen: als er op een hoger organisatieniveau een nieuwe eigenschap ontstaat die er op het lagere organisatieniveau niet is.
 - Bijv. een cel bestaat uit veel moleculen. Eén enkel molecuul van een cel leeft niet. Maar interactie tussen alle moleculen levert wel een levende cel op.
- Interactie: biologische eenheden reageren op elkaar en op de invloeden uit hun omgeving.

LEERDOEL 4 ►► BASISSTOF 2

Je kunt orgaanstelsels, organen, weefsels en cellen bij een mens herkennen en hun kenmerken en functies beschrijven.

- Orgaanstelsel: bestaat uit een aantal organen. Deze organen oefenen samen een bepaalde functie uit.
 - Bijv. verteringsstelsel en beenderstelsel.
- Organen in de romp van een mens zijn: lever, maag, strottenhoofd, long, hart, middenrif, dikke darm, dunne darm, wervel, rib, borstbeen, galblaas, lever, nier en aorta.
- Het middenrif scheidt de romp in de borstholte en de buikholte.
- Weefsel: een groep cellen met dezelfde vorm en functie.

LEERDOEL 5 ►► BASISSTOF 2

Je kunt beschrijven dat groepen cellen in een weefsel, orgaan of orgaanstelsel een gezamenlijke functie uitoefenen.

- De vorm van cellen hangt samen met de functie.
- Organen zijn opgebouwd uit weefsels.
- Soorten weefsels: dekweefsel (epitheel), zenuwweefsel en spierweefsel.
- Bij veel weefsels liggen de cellen niet direct tegen elkaar aan, maar komt tussencelstof voor. Het soort tussencelstof hangt samen met de functie van het weefsel.
 - Bijv. versteviging bij celwanden en beenweefsel.

LEERDOEL 6 ►► BASISSTOF 2

Je kunt bij (delen van) organismen het verband aangeven tussen vorm en functie.

- Bij organismen is er een verband tussen de vorm en de functie van de biologische eenheden waaruit ze zijn opgebouwd.
 - Langwerpige, holle botten bij de mens: zijn licht en stevig.
 - Beenbalkjes in de kop van een dijbeen: maken het been licht en geven stevigheid.
 - Gewelfde vorm van de botten in de voeten: gewicht dragen en schokken opvangen.
 - Gestroomlijnde lichaamsvorm bij diersoorten: weinig weerstand.

LEERDOEL 7 ►► BASISSTOF 3

Je kunt delen van dierlijke cellen en van plantaardige cellen herkennen en de functies ervan benoemen.

- Organel: elk deel van een cel met een eigen functie.
- Celmembraan: scheidt het inwendige van de cel, het cytoplasma (celplasma), van het milieu buiten de cel.
- Cytoplasma bestaat uit water met organellen en opgeloste stoffen.
- De kern is omgeven met het kernmembraan en bevat kernplasma.
- Vacuole: blaasje in het cytoplasma omgeven door een vacuolemembraan en gevuld met vacuolevocht.
 - Speelt een belangrijke rol bij de stevigheid van de cel en kan kleurstoffen bevatten.
- Plastiden:
 - Bladgroenkorrels (chloroplasten), bevatten bladgroen.
 - Chromoplasten (bevatten kleurstoffen).
 - Leukoplasten dienen om stoffen zoals vet, zetmeel en eiwit op te slaan.
- Sommige plastiden kunnen overgaan in andere plastiden.
- Celwand: een stevig laagje om de cel heen.
 - Een celwand behoort niet tot de cel, maar is tussencelstof.
 - Intercellulaire ruimten: holten tussen celwanden, gevuld met lucht of vocht.
- Dierlijke cellen bevatten geen grote centrale vacuole en geen plastiden en om dierlijke cellen ligt geen celwand.

LEERDOEL 8 ►► BASISSTOF 3

Je kunt een microscoop gebruiken en daarmee (delen van) organismen bestuderen.

- Bij een lichtmicroscoop valt licht van onder door een preparaat.
 - Een preparaat bestaat uit een objectglas en een dekglas met daartussen het object.

- Het object moet erg dun zijn om licht door te kunnen laten.
- De vergroting van een lichtmicroscoop = de vergroting van het oculair × de vergroting van het objectief.
- Een elektronenmicroscoop kan meer dan 100 000× vergroten. Het beeld verschijnt (ingekleurd) op een computerscherm.
 - Bij een TEM (transmissie-elektronenmicroscoop) is geen diepte te zien.
 - Bij een SEM (scanning elektronenmicroscoop) is wel diepte te zien.

LEERDOEL 9 ►► BASISSTOF 4

Je kunt een cel beschrijven als een zelfstandig functionerende biologische eenheid.

- In het kernplasma liggen chromosomen en een kernlichaampje
 - In een kernlichaampje worden delen van ribosomen gemaakt.
 - Chromosomen bestaan uit moleculen DNA.
 - DNA bevat de informatie voor de erfelijke eigenschappen van een organisme.
 - Kernporiën: openingen in het kernmembraan die het transport van stoffen in en uit het kernplasma regelen.
- Endoplasmatisch reticulum (ER): netwerk van dubbele membranen dat is aangesloten op het kernmembraan.
 - Ruw endoplasmatisch reticulum (RER) heeft ribosomen. Functie: transport van eiwitten en het afsnoeren van blaasjes mogelijk maken.
 - Glad endoplasmatisch reticulum (GER) heeft geen ribosomen.
- Ribosomen: bolvormige organellen, op het endoplasmatisch reticulum of vrij in het cytoplasma.
 - Functie: eiwitsynthese.
- Golgisysteem: opgestapelde platte membranen in het cytoplasma.
 - Functie: eiwitten bewerken tot hun uiteindelijke vorm en secretie van eiwitten buiten de cel (door exocytose) en productie van lysosomen.
- Lysosomen: blaasjes die enzymen bevatten.
 - Functie: verteren van voedingsstoffen of afvalstoffen.
- Mitochondriën: bolvormige organellen met dubbele membranen, waarvan het binnenmembraan sterk is geplooid (oppervlaktevergroting).
 - Functie: energie vrijmaken met behulp van zuurstof (verbranding).
 - De vrijgemaakte energie wordt tijdelijk opgeslagen in ATP-moleculen.

- Bladgroenkorrels (chloroplasten): hebben net als mitochondriën een dubbel membraan.
 - In chloroplasten komen veel gestapelde platte blaasjes voor met daartussen verbindingen. In deze membranen liggen de enzymen voor fotosynthese.
 - Functie: fotosynthese laten plaatsvinden.
- Celmembraan: een dubbele laag fosfolipiden met daarin eiwitmoleculen.
 - Sommige fosfolipiden en eiwitten bezitten koolhydraatketens voor herkenning.

LEERDOEL 10 ►► BASISSTOF 5

Je kunt de concentratie van een oplossing berekenen.

- Concentratie geeft de hoeveelheid opgeloste stof in een bepaalde hoeveelheid oplosmiddel aan.
 - De hoeveelheid opgeloste stof kan worden aangegeven in gram per volume ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), in procenten (%) of bij lage concentraties in ppm.

LEERDOEL 11 ►► BASISSTOF 5

Je kunt uitleggen wat diffusie en osmose is en toelichten welke rol osmose speelt bij de stevigheid van planten.

- Diffusie: verplaatsing van een stof van een plaats met een hoge concentratie naar een plaats met een lage concentratie van die stof (zowel in vloeistoffen als in gassen).
 - Diffusie wordt veroorzaakt door (ongerichte) beweging van moleculen.
 - De diffusiesnelheid is o.a. afhankelijk van het medium waarin het plaatsvindt en de temperatuur.
- Osmose: diffusie van water door een semipermeabel membraan (selectief permeabel).
 - Een semipermeabel membraan laat bij osmose wel water door, maar niet de opgeloste stof.
 - Bij osmose treedt waterverplaatsing op van een plaats met een lage osmotische waarde naar een plaats met een hoge osmotische waarde.
 - De osmotische waarde van een oplossing wordt bepaald door het aantal opgeloste deeltjes per volume-eenheid.
- Dierlijke en plantaardige cellen reageren verschillend op veranderingen van de osmotische waarde van het vocht in hun omgeving.
- Een dierlijke cel in een oplossing:
 - met een gelijke osmotische waarde als die van het cytoplasma (isotoon) behoudt zijn vorm;
 - met een lagere osmotische waarde dan die van het cytoplasma (hypotoon) neemt water op en kan barsten;
 - met een hogere osmotische waarde dan die van het cytoplasma (hypertoon) geeft water af en krimpt.

- Celwanden van plantaardige cellen zijn permeabel.
 - De concentratie van stoffen in een celwand is gelijk aan de concentratie van deze stoffen in de vloeistof buiten de cel.
- Onder normale omstandigheden is de osmotische waarde van het cytoplasma hoger dan die van het vocht in de celwanden.
 - Turgor: de druk van de cel op de celwand. Door het verschil in osmotische waarde is de druk in de cel groter dan de druk buiten de cel, waardoor de cel stevig is.
 - Een plantencel is turgescient als de cel turgor bezit.
- Als het vocht in de celwanden een hogere osmotische waarde heeft dan het cytoplasma, treedt plasmolyse op.
 - Door osmose stroomt water de cel uit. De turgor daalt en de osmotische waarde van het vacuolevocht stijgt.
 - Plasmolyse: de cel krimpt zover dat het celmembraan loslaat van de celwand.

LEERDOEL 12 ►► BASISSTOF 5

Je kunt beschrijven hoe transport van stoffen via (cel)-membranen plaatsvindt.

- Het celmembraan vormt de scheiding tussen de celinhoud en zijn milieu.
 - Celmembranen en membranen van organellen zijn semipermeabel.
 - De opname en afgifte van veel stoffen wordt gereguleerd door eiwitten in het membraan.
- Transport van zuurstof, koolstofdioxide en in vet oplosbare stoffen vindt plaats door diffusie door de fosfolipidenlagen heen.
 - Het transport van deze stoffen is afhankelijk van het concentratieverschil.
- Passief transport: transport van stoffen door een membraan waarbij geen energie nodig is.
 - Verloopt met het concentratieverval mee.
 - Vormen van passief transport: diffusie, osmose, transport via porie-eiwitten en bepaalde transporteiwitten.
 - Porie-eiwitten zorgen voor transport van bijvoorbeeld Na^+ , K^+ , Ca^{2+} en transport van water (aquaporines).
 - Transporteiwitten binden specifieke moleculen en transporteren ze een cel in of uit.
- Transport van water vindt plaats door osmose.
 - Watermoleculen kunnen membranen maar heel langzaam passeren.
 - Aquaporines in celmembranen vergroten de snelheid van osmose.

- Actief transport: transport van stoffen door een membraan waar energie voor nodig is.
 - Actief transport verloopt tegen het concentratieverval in.
- Transport via blaasjes.
 - Exocytose: het afsnoeren van blaasjes door het celmembraan om stoffen naar buiten de cel te transporteren (secretie).
 - Endocytose: het afsnoeren van (endosoom)blaasjes door het celmembraan om stoffen in de cel op te nemen.
 - Endosoom: blaasje dat zich afsnoert van het celmembraan om stoffen uit de omgeving op te nemen.
 - Fagocytose: opnemen van voedsel in de cel via blaasjes (voedingsvacuole).

LEERDOEL 13 ► BASISSTOF 6

Je kunt verschillende typen en methoden van natuurwetenschappelijk onderzoek beschrijven.

- Beschrijvend onderzoek: de onderzoeker verzamelt observaties en/of metingen (data) die tot een conclusie kunnen leiden.
- Hypothesetoetsend onderzoek: een onderzoeker bedenkt een methode om een hypothese te toetsen.
 - Een hypothese is een mogelijke verklaring voor een waarneming van een verschijnsel of een mogelijk verband tussen verschijnselen en is gebaseerd op biologische kennis en ervaring.
 - Steekproef: onderzoekers selecteren een representatief deel van de te onderzoeken groep.
- Ontwerpend onderzoek: een onderzoeker ontwikkelt materialen, instrumenten, modellen of systemen als antwoord op een onderzoeksvraag.
 - Model: vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid zoals een virtueel experiment op de computer.
- Het hypothesetoetsend onderzoek wordt gezien als hét model voor een natuurwetenschappelijk onderzoek. Een onderzoeker doorloopt de volgende fasen bij dit onderzoek.
 - Waarneming: het waarnemen van een bepaald natuurverschijnsel dat in aanmerking komt voor verder onderzoek.
 - Onderzoeksvraag: beschrijft een natuurwetenschappelijk probleem waarop een antwoord wordt gezocht.
 - Hypothese: geeft een mogelijke verklaring voor het probleem.

- Verwachting: op grond van de hypothese geef je aan welke waarnemingen je waarschijnlijk doet als de hypothese juist is.
- Experiment: de fase van de uitvoering van het onderzoek waarin je toetst of de opgestelde hypothese juist is of onjuist.
- Bij een experiment wordt vaak gewerkt met een experimenteergroep en een controlegroep (de blanco-proef).
- Per experiment mag maar één factor tegelijk worden onderzocht, alle andere omstandigheden zijn gelijk.
- Om betrouwbare gegevens te krijgen, bestaan alle groepen uit grote aantallen.
- Resultaten: verzamelde observaties of (meet)-gegevens geef je overzichtelijk weer in de vorm van tabellen, grafieken of diagrammen.
- Conclusie: met de resultaten en alle informatie die is opgezocht, kun je een antwoord geven op de onderzoeksvraag.

LEERDOEL 14 ► BASISSTOF 6

Je kunt een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek.

- In een werkplan beschrijf je hoe je je onderzoek gaat uitvoeren en maak je een lijst van de materialen die je nodig hebt.
- Je stelt een werkplan op voordat je begint met de uitvoering van je onderzoek.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt de volgende vaardigheden geoefend:

- doelgericht zoeken, beoordelen en selecteren van informatie;
- analyseren welke rol biologie heeft in natuurwetenschappelijk onderzoek, beroepen en de dagelijkse praktijk;
- toepassen van verschillende fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek;
- uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
- verzamelen, bewerken en overzichtelijk weergeven van data;
- vorm-functiedenken op het niveau van cellen, weefsels, organen en organismen;
- met elkaar in verband brengen van biologische verschijnselen op de verschillende organisatieniveaus (systeemdenken).

Examentrainer

MISSCHIEN IS EEN GAATJE IN DE DIJK ZO SLECHT NOG NIET

Naar examen havo 2015-1, vragen 8 en 10.

Twee leerlingen uit de omgeving van het Volkerak weten allang dat er 's zomers vaak algenbloei is. Voor hun profielwerkstuk willen zij de invloed van de temperatuur op de vermeerdering van het aantal algen onderzoeken. In maart voeren ze hun experiment uit met water uit het Volkerak.

Materiaal en methode:

- 12 bekersglazen van 100 mL
- 12 waterbaden, elk ingesteld op een andere temperatuur: 5 °C, 10 °C, 15 °C, enzovoort t/m 60 °C
- In elk waterbad één van de bekersglazen met daarin 50 mL water uit het Volkerak.

De leerlingen laten de bekersglazen een aantal dagen staan. Vervolgens bepalen ze de hoeveelheid algen per mL, door de troebelheid van het water te meten. De eenheid waarin de troebelheid gemeten wordt, is TU (Turbidity Unit).

Resultaat:

De TU is bij 30 °C het hoogst.

PEUKEN IN DE NESTEN VAN STADSVOGELS

Naar examen havo 2015-2, vragen 9 en 10.

In sommige nesten van stadsvogels worden peuken van sigaretten aangetroffen.

Een onderzoeksteam van een universiteit in Mexico heeft onderzocht of de aanwezigheid van deze peuken in de nesten van stadsvogels de kuikens beschermt tegen parasieten. Ze stelden als hypothese dat nicotine uit peuken parasieten weert. Nicotine komt alleen vrij uit de tabaksvezels bij het roken van de sigaret en blijft deels achter in de peuk. De onderzoekers gebruikten 55 nesten van stadsvogels. Ze monteerden op elk nest een kleine warmtebron voorzien van plakband. Parasieten komen op de warmte af en kunnen blijven kleven aan het plakband. Vóór de broedperiode werden tabaksvezels van peuken of van niet gerookte sigaretten boven op de warmtebron geplaatst. Nadat de laatste kuikens uitgevlogen waren, werden de parasieten op het plakband geteld.

Om hun hypothese ‘Nicotine uit peuken weert parasieten’ te testen, verdeelden de onderzoekers de nesten in drie groepen. In onderstaand schema staan ook de materialen voor het onderzoek.

Materialen →	Warmte- bron	Plakband	Tabaks- vezels van peuken	Tabaks- vezels van niet gerookte sigaretten
Groepen ↓				
Groep 1				
Groep 2				
Controle- groep				

- 2p 1
- Teken op grafiekpapier een grafiek die de relatie weergeeft tussen de temperatuur van het water en de troebelheid aan het eind van het experiment.

– Benoem de assen.
- Door inlaten van zeewater in het Volkerak zou de algenbloei bestreden kunnen worden.
- 2p 2
- Wat is het effect op de cellen van de algen als zij in contact komen met zeewater?

A Ze zwellen, doordat de cellen zout opnemen.

B Ze krimpen, doordat de cellen zout afgeven.

C Ze zwellen, doordat de cellen water opnemen.

D Ze krimpen, doordat de cellen water afgeven.

- 2p 3
- Neem het schema over en geef voor elke groep aan of de aangegeven materialen wel (+) of niet (–) bij die groep op het nest geplaatst werden.

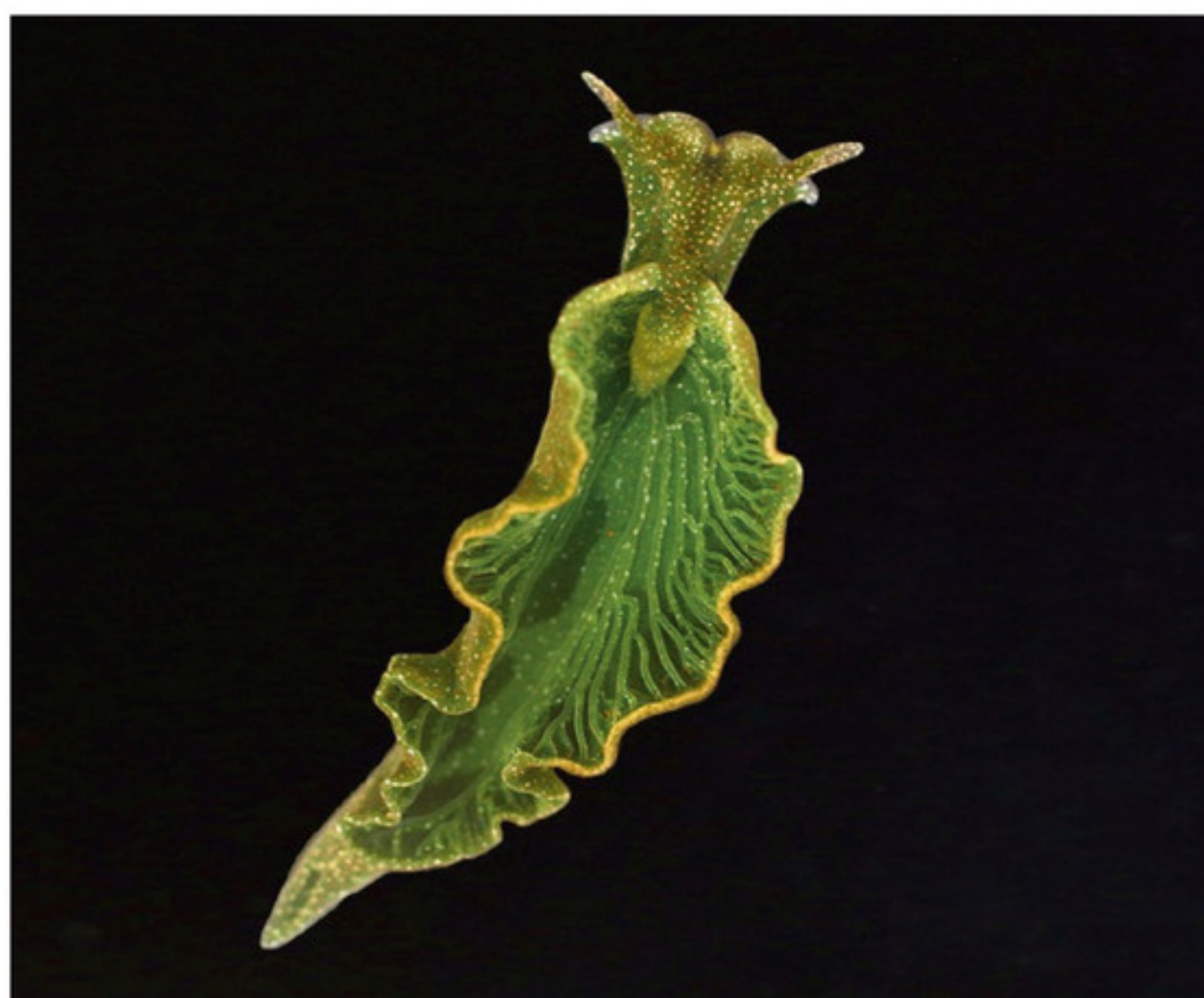
De resultaten van het onderzoek ondersteunden de hypothese van de onderzoekers.
- 1p 4
- Welk verschil in resultaat tussen groep 1 en groep 2 is er gevonden?

ELYSIA CHLOROTICA, EEN DIER MET FOTOSYNTHESE

Naar pilotexamen havo 2014-1 vraag 20.

Hun hele leven hoeven ze niets meer te eten, als ze zich als jong slakje twee weken lang voeden met algen. Van de groengekleurde zeeslak *Elysia chlorotica* (zie afbeelding 1) is bekend dat hij chloroplasten steelt van de algen die hij tijdens zijn jeugd eet. In de eerste twee weken van zijn bestaan eet de dan nog bruine slak de alg *Vaucheria litorea*. In plaats van dit organisme te verteren, zuigt de slak de chloroplasten uit deze alg en neemt deze organellen op in zijn eigen cellen. De overige tien maanden van zijn slakkenbestaan kan dit beestje overleven zonder voedsel op te nemen. Hij is dan zelf in staat tot fotosynthese.

▼ Afb. 1 Zeeslak (*Elysia chlorotica*).



In microscopische preparaten lijken de cellen van de zeeslak na het opnemen van de chloroplasten op de cellen van de algen.

- 1p 5 Noem één kenmerk waardoor de cellen van de zeeslak na het opnemen van de chloroplasten te onderscheiden zijn van cellen van de algen.

KORAAL

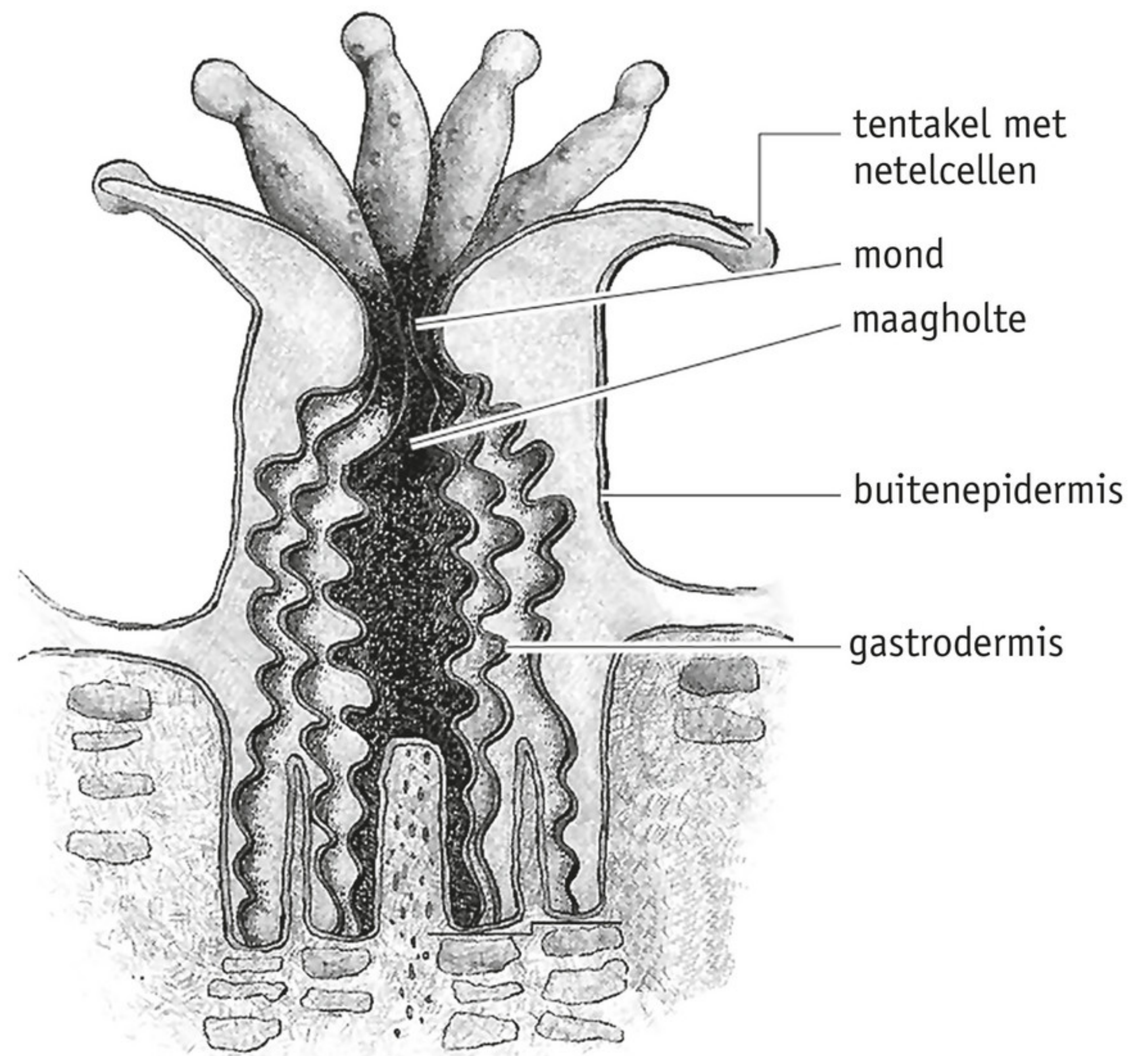
Naar pilot examen havo 2013-1, vragen 21 en 22.

Overal gaat het slecht met het koraal. Op sommige plaatsen zijn de koraalriffen verdwenen, op andere plaatsen ernstig aangetast. Koraal lijkt misschien op een plant maar in werkelijkheid bestaat het uit poliepen: koraaldiertjes. De koraaldiertjes zijn hooguit een paar centimeter groot en leven in een doosje van kalk. Ze halen met hun tentakels plankton uit het water. De koraalpoliepen leven samen in grote kolonies. Eéncellige algen leven in symbiose met de poliepen.

De poliepen leven in helder water tot hooguit negentig meter diepte waarvan de temperatuur mag variëren tussen 25 °C en 29 °C. Dat koralen niet op grotere diepten voorkomen, komt doordat zij in symbiose met algen leven. Beide organismen profiteren van deze samenlevingsvorm

- 1p 6 Leg uit dat deze symbiose tussen poliep en alg niet op grotere diepten kan voorkomen.

▼ Afb. 2



Afbeelding 2 geeft een schematische doorsnede van één koraalpoliep.

Twee leerlingen doen een uitspraak over de plaats waar cellen met algen voorkomen in de poliep.

Leerling 1 beweert dat ze in de cellen van de buitenepidermis voorkomen, de algen nemen daar anorganische stoffen (onder andere opgeloste koolstofdioxide en zouten) op.

Leerling 2 beweert dat ze in de cellen van de gastrodermis (= wand van de maag) voorkomen: de algen nemen daar organische stoffen (onder andere suikers) op.

- 2p 7 Welke leerling doet of welke leerlingen doen een juiste uitspraak?
- A geen van beide leerlingen
 - B alleen leerling 1
 - C alleen leerling 2
 - D zowel leerling 1 als leerling 2

2

Voortplanting

Voortplanting is een eigenschap van biologische systemen. Voor ongeslachtelijke voortplanting heeft een organisme geen ander individu nodig; voor geslachtelijke voortplanting is wel interactie nodig. Hormonen spelen een belangrijke rol bij de voortplanting. Ze regelen onder andere de werking van de voortplantingsorganen. In dit thema leer je hoe mensen niet alleen hun eigen voortplanting kunnen beïnvloeden, maar ook die van andere organismen.

ONTDEKKEN	
Een kwestie van leven en dood	70
BASISSTOF	
1 Ongeslachtelijke voortplanting	72
2 Geslachtelijke voortplanting	79
3 Hormonen	88
4 Zwanger	93
5 Seksualiteit	100
6 Soa's en geboorteregeling	106
SAMENHANG	
Waarom hebben we eigenlijk seks?	112
PRACTICA	114
SAMENVATTING	116







‘De overheid verstrekt nu gratis aidsremmers.’

Een kwestie van leven en dood

►► BASISSTOF 6

Je bent klaar met de middelbare school en gaat er een jaar tussenuit! Je besluit om samen met een vriend vrijwilligerswerk te gaan doen in een Braziliaanse favela (sloppenwijk). Zo kun je helpen om ongewenste zwangerschappen en soa's bij tienermoeders te voorkomen.

De Nederlander Antoon van Noije begon vijfentwintig jaar geleden met het opvanghuis voor hiv-kinderen. Er heerste toen een groot taboe rond aids in Brazilië. Daardoor werden veel besmette kinderen verstoten. Van Noije: ‘Mensen vreesden dat hun huis minder waard zou worden met aidspatiënten als burens. En ze waren doodsbang voor besmettingsgevaar.’ Door een open houding en veel uitleg over de ziekte en het virus wist Van Noije de angst langzaam terug te dringen. Langzaam won hij het vertrouwen van de omgeving.

Niet alleen de taboesfeer rond aids is verminderd, ook het aantal patiënten en virusdragers is afgenomen. Met de komst van de aidscocktail, een verbeterd medicijn, worden er nu aanzienlijk minder hiv-baby's geboren. Waar aidsremmers vroeger nog onbetaalbaar waren, verstrekt de overheid ze nu gratis aan de bevolking. ‘In de begintijd werd er in ons tehuis elke week wel een plekje aangevraagd voor een jonge baby. Nu gebeurt dat nog maar een paar keer per jaar.’ Ook het aantal sterfgevallen in Sitio Agar is door de verbeterde medicatie aanzienlijk verminderd. ‘Van

een tehuis dat kinderen begeleidt naar de dood, zijn wij een plek geworden die hen begeleidt naar de toekomst.’

Naar: ‘Ze mogen mij geen papa noemen’, Rebecca van de Kar, www.verspers.nl.

Een tussenjaar als vrijwilliger

Je bent klaar met de havo en gaat er een jaar tussenuit! Samen met een vriend besluit je vrijwilligerswerk te gaan doen in een Braziliaanse favela. Op internet lees je een artikel over een stichting die werkt in de sloppenwijken van Rio de Janeiro. De stichting helpt moeders en kinderen die besmet zijn met hiv. Ook wil ze het aantal soa-besmettingen terugdringen en ongewenste zwangerschappen bij tienermeisjes voorkomen. Dat lijkt jullie wel wat.

Jullie hebben een brief geschreven aan de stichting en zijn door de eerste selectieronde gekomen. Nu mogen jullie laten zien wat je kunt bijdragen. De stichting wil graag weten of jullie de bijbehorende problemen kennen en begrijpen. Je krijgt de volgende e-mail (zie afbeelding 1):

▼ **Afb. 1** E-mail met bijlage van de Stichting Encantada.

 Aan: jou en je vriend
Onderwerp: sollicitatie Encantada

Beste kandidaat,

Bedankt voor je sollicitatie naar een jaar als vrijwilliger bij onze stichting. We zijn erg blij dat je ons wilt komen helpen in ons huis voor moeders en kinderen met hiv. Graag onderzoeken we samen met jou de mogelijkheden voor een uitzending naar Rio de Janeiro. Van onze vrijwilligers vragen we om zich, naast de hulp in het opvanghuis, ook in te zetten voor de bewoners van de wijk. Daarbij kun je kiezen voor:

- A het tegengaan van besmetting met de meest voorkomende soa's (bij mannen en vrouwen);
- B het voorkomen van ongewenste zwangerschap bij tieners en jonge vrouwen.

Waar ligt jouw interesse? Maak een keuze (A of B) en laat ons weten hoe jij hieraan kunt bijdragen! Bij je e-mail ontvangen we graag een bijlage waarin je laat zien wat je weet van deze onderwerpen en hoe je de wijkbewoners hierbij kunt helpen.

 Hartelijke groeten,
Stichting Encantada

Bij de keuze voor onderwerp A

- Breng in kaart wat de besmettingsrisico's zijn van de veelvoorkomende soa's chlamydia, gonorroe, syfilis en herpes genitalis. Doe dat voor zowel mannen als vrouwen.
- Welke maatregelen zouden de organisatie en jullie als vrijwilligers kunnen treffen om het aantal soa-besmettingen terug te dringen?
- Benoem van deze maatregelen de voor- en nadelen.

Bij de keuze voor onderwerp B

- Breng in kaart wat voor het aantal ongewenste zwangerschappen zorgt.
- Welke maatregelen zouden de organisatie en jullie als vrijwilligers kunnen treffen om het aantal ongewenste zwangerschappen terug te dringen?
- Welke voorbehoedmiddelen zouden kunnen worden verstrekt?
- Benoem de voor- en nadelen van deze voorbehoedmiddelen.

opdracht

- 1 Kies onderwerp A of B.
 - a Verwerk de informatie in een bijlage bij je e-mail. Maak indruk op de stichting!
 - Maak gebruik van de informatie uit het thema.
 - Maken jullie gebruik van een internetbron, vermeld deze bron dan.

- Gebruik minimaal twee afbeeldingen, inclusief bijschrift en bronvermelding.
 - De bijlage telt maximaal vierhonderd woorden.
- b Gefeliciteerd, je bent uitgenodigd voor sollicitatieronde 3. Laat zien wat je hebt gemaakt en geef een mondelinge toelichting.

Voorlichting door Sense

Voordat een groep nieuwe vrijwilligers naar Brazilië vertrekt, zijn er altijd veel vragen van de jongeren en hun ouders. Vooral het gevaar op besmetting met hiv houdt de ouders bezig. In Nederland zijn er verschillende instellingen die informatie geven over hiv. Sense is zo'n organisatie. Hulpverleners van Sense geven voorlichting, beantwoorden vragen via e-mail, voeren chatsessies met jongeren die een vraag hebben en houden spreekuren.

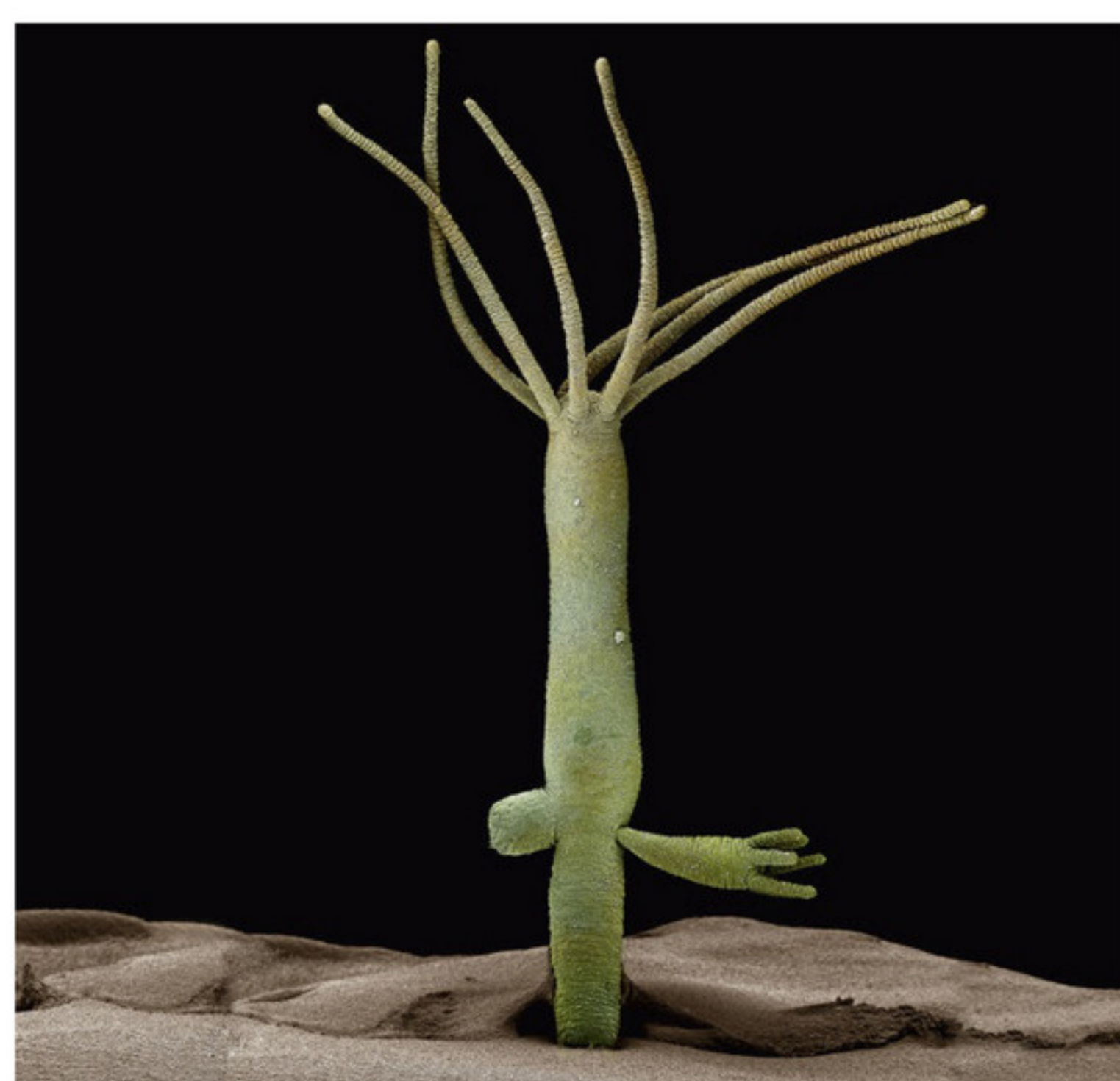
opdracht

- 2 Je bent een van de voorlichters van Sense. Je gaat een voorlichting te verzorgen voor nieuwe vrijwilligers en hun ouders over het omgaan met hiv-besmette kinderen en de gevaren van dit virus. Je moet antwoord kunnen geven op de meest gestelde vragen van de vrijwilligers en hun ouders.
 - a Bedenk met elkaar welke vragen de vrijwilligers en hun ouders zeer waarschijnlijk gaan stellen. Een aantal voorbeeldvragen zijn:
 - Hoe groot is de kans op besmetting bij aanraking (huid-op-huidcontact)?
 - Hoe zijn deze kinderen besmet met hiv?
 - Hoe kan hiv worden overgedragen?
 - Hoe kun je je beschermen tegen besmetting?
 Stuur je vragenlijst naar een collega. Misschien heeft hij nog aanvullingen.
 - b Maak een voorlichtingspakket met alle benodigde informatie: een presentatie (bijvoorbeeld in PowerPoint of Prezi) en een lijst met de meest gestelde vragen en antwoorden daarop. Zorg ervoor dat je presentatie aan de volgende voorwaarden voldoet:
 - Leg uit wat hiv is en wat het verschil is met aids.
 - Geef antwoord op alle vragen die de ouders zouden kunnen stellen.
 - Maak gebruik van de informatie uit het thema.
 - Maken jullie gebruik van een internetbron, vermeld deze bron dan.
 - Gebruik minimaal twee afbeeldingen, inclusief bijschrift en bronvermelding.

Leerdoelen

- Je kent de gebeurtenissen tijdens de celcyclus.
- Je weet dat door ongeslachtelijke voortplanting nakomelingen ontstaan die identiek zijn aan de ouder.
- Je herkent ethische en biologische argumenten bij standpunten over klonen van organismen.

▼ **Afb. 1** Ongeslachtelijke voortplanting bij poliep en aardbei.



1 Een poliep vormt knoppen.



2 Een aardbei vormt uitlopers.

1 Ongeslachtelijke voortplanting

Voortplanting is nodig om het leven op aarde in stand te houden. Zonder voortplanting sterven soorten snel uit. Er zijn twee manieren waarop organismen zich kunnen voortplanten: alleen of met een ander.

CELDELING

Cellen kunnen zich voortplanten door **celdeling**. Bij celdeling ontstaan uit een moedercel twee identieke dochtercellen. De dochtercellen bevatten dezelfde genetische eigenschappen als de moedercel. Tijdens de voortplanting gaat de oorspronkelijke cel op in de dochtercellen.

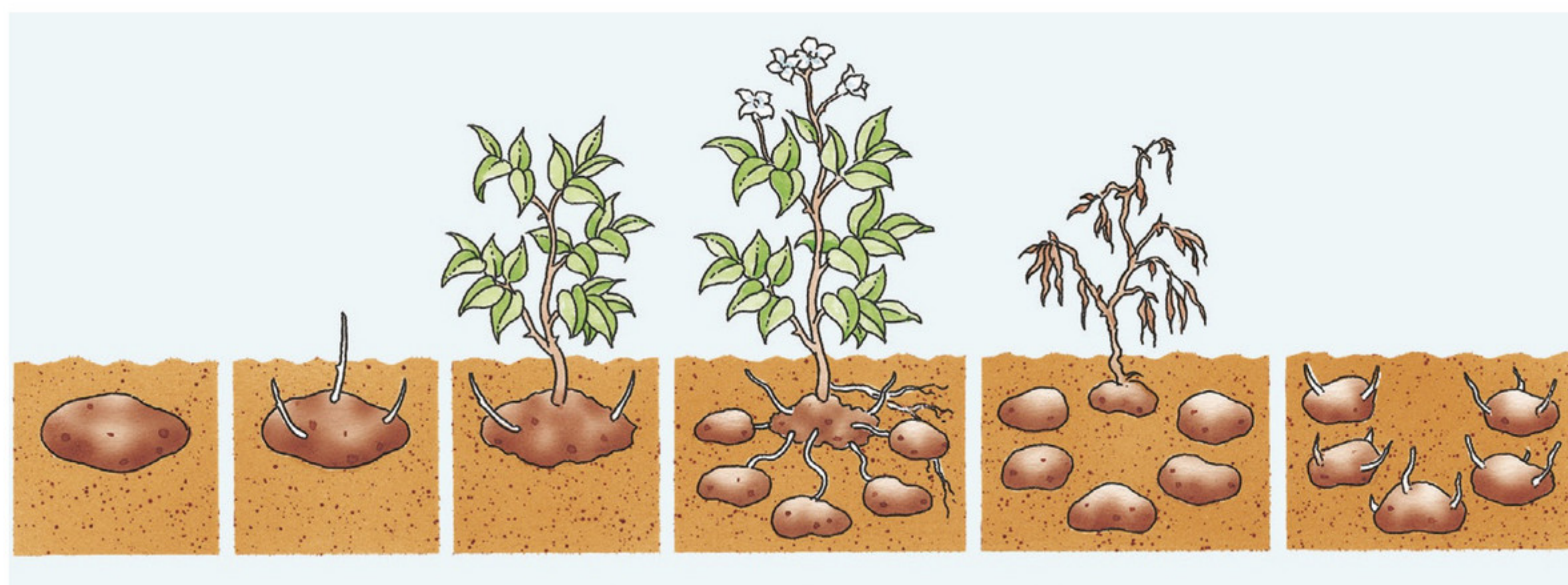
Celdeling speelt een belangrijke rol in het leven van een organisme. Celdeling is van belang bij de voortplanting en groei van een organisme. Ook kunnen cellen worden vervangen dankzij celdeling. Denk bijvoorbeeld aan cellen die oud zijn of beschadigd zijn geraakt bij een verwonding.

OP NATUURLIJKE WIJZE

Bij **ongeslachtelijke voortplanting** ontstaan door celdeling nakomelingen die genetisch identiek zijn aan de ouder. Bacteriën en andere eencellige organismen planten zich ongeslachtelijk voort door celdeling. Een eencellige deelt zich, waarna beide cellen uitgroeien tot volledige organismen. Ook schimmels, planten en sommige dieren kunnen zich ongeslachtelijk voortplanten. Uit poliepen (dieren) kunnen bijvoorbeeld nieuwe poliepen ontstaan door knopvorming (zie afbeelding 1.1).

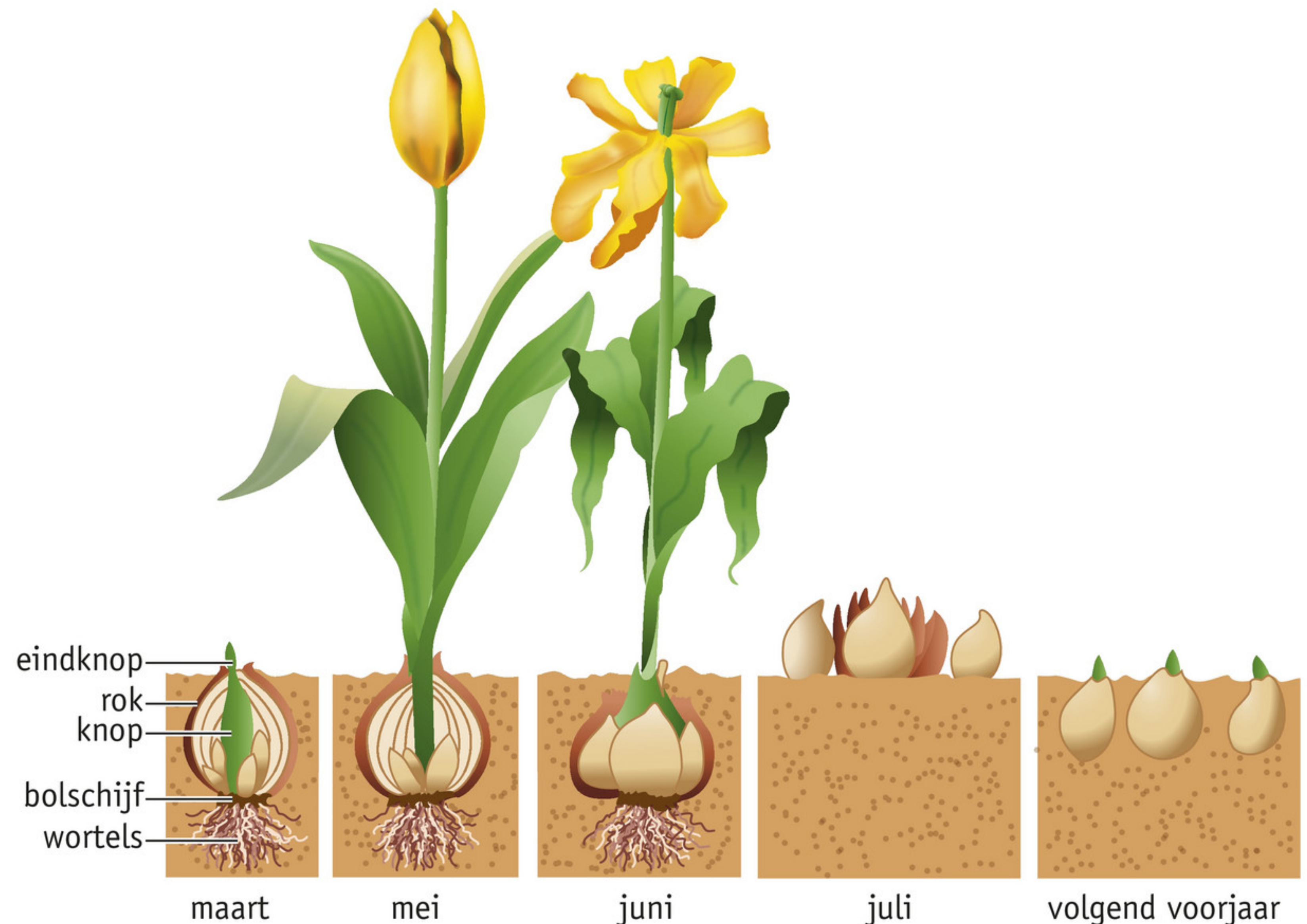
Ongeslachtelijke voortplanting bij zaadplanten kan op verschillende manieren gebeuren. Aardbeien vormen uitlopers waaraan nieuwe aardbeiplanten ontstaan (zie afbeelding 1.2). Aardappelplanten vormen knollen met knoppen (zie afbeelding 2). Uit een knop die uitloopt, ontstaat een nieuwe aardappelplant. De nieuwe aardappelplant vormt op zijn beurt weer nieuwe knollen. Uit elke knol kan één nieuwe aardappelplant ontstaan.

▼ **Afb. 2** Ongeslachtelijke voortplanting door knollen (bij een aardappel).

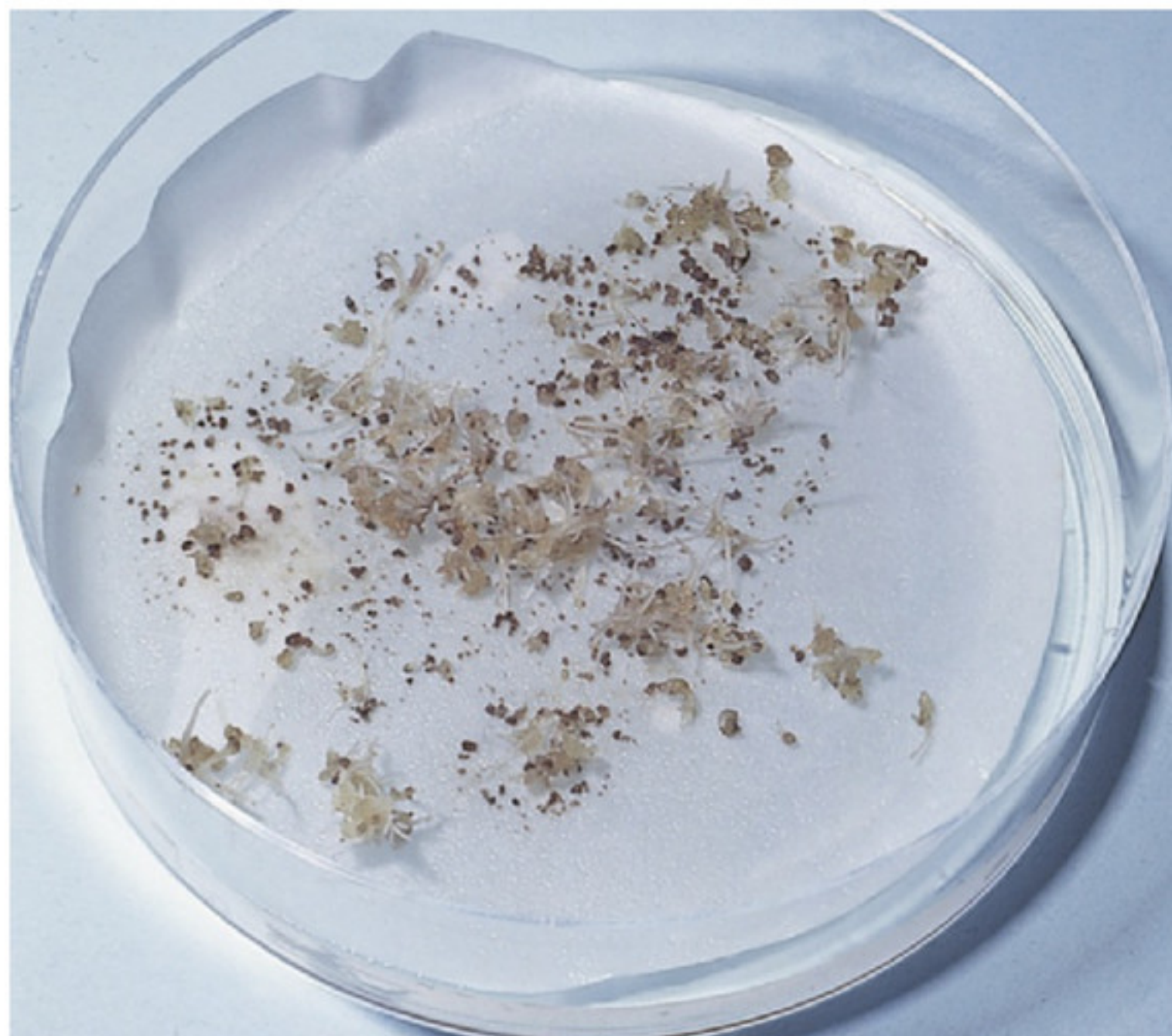


Bolgewassen planten zich ongeslachtelijk voort door bollen. Tussen de rokken bevinden zich knoppen (zie afbeelding 3). Als in het voorjaar een tulpenbol uitloopt vanuit een knop, wordt een deel van het reservevoedsel uit de rokken verbruikt. De rokken verschrompelen en de overgebleven knoppen ontwikkelen zich tot nieuwe tulpenbollen.

► **Afb. 3** Ongeslachtelijke voortplanting door bollen (bij een tulp).



▼ **Afb. 4** Stadia in de weefselkweektechniek bij de oliepalm.



OP KUNSTMATIGE WIJZE

Ongeslachtelijke voortplanting kan ook op kunstmatige wijze plaatsvinden. De bekendste methode is stekken. Bij stekken snijd je een stuk van een stengel of een blad af. Op het snijvlak ontwikkelen zich wortels. Hieruit kan zich een nieuwe plant ontwikkelen.

Een speciale manier van stekken is **weefselkweek**. Stukjes weefsel van een gezonde, goed groeiende plant worden op een geschikte voedingsbodem met groeistoffen gebracht. De cellen delen zich en na enkele weken is een hoeveelheid weefsel ontstaan. Dit weefsel wordt vervolgens in stukjes verdeeld en op een andere voedingsbodem gebracht. Daar groeien er kleine plantjes uit het weefsel. Van deze plantjes kunnen opnieuw stukjes weefsel worden gesneden. Zo ontstaan steeds meer plantjes met dezelfde erfelijke eigenschappen als de moederplant.

Een organisme dat door ongeslachtelijke voortplanting uit één organisme is ontstaan, noem je een **kloon**. Het kweken van deze individuen heet **klonen**. Klonen met de weefselkweektechniek wordt op grote schaal toegepast bij de kweek van sierbloemen en in de voedingsindustrie (bijvoorbeeld bij de kweek van oliepalmen, zie afbeelding 4).

► PRACTICUMOPDRACHT 1

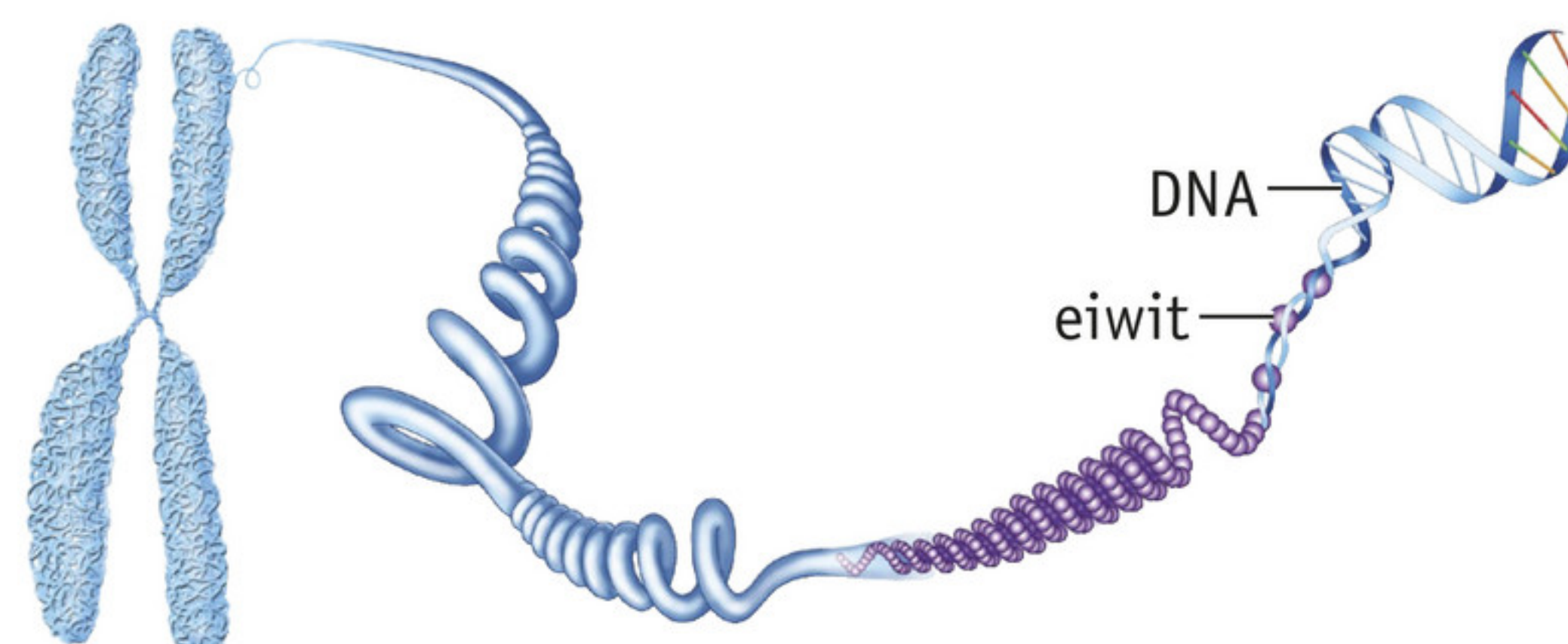
opdrachten

- 1 a Komt celdeling alleen bij eencelligen voor, of ook bij meercellige organismen?
b Noteer drie manieren waarop celdeling van belang is tijdens het leven van een organisme.
- 2 Verloopt de voortplanting van een bacterie op lineaire wijze of op exponentiële wijze?
- 3 Een hovenier plant tulpenbollen in een tuin.
Wat kun je zeggen over de eigenschappen van tulpen die over twee jaar op die plek zullen bloeien?
- 4 a Bij sierbloemen wordt de weefselkweekmethode toegepast.
Waar zal de kweker op letten als hij bloemen uitkiest voor de weefselkweekmethode?
b Wat is een nadeel van de weefselkweekmethode voor de kweek van sierbloemen?
c Wat vind jij van klonen van planten? Beargumenteer je antwoord.

CEL CYCLUS

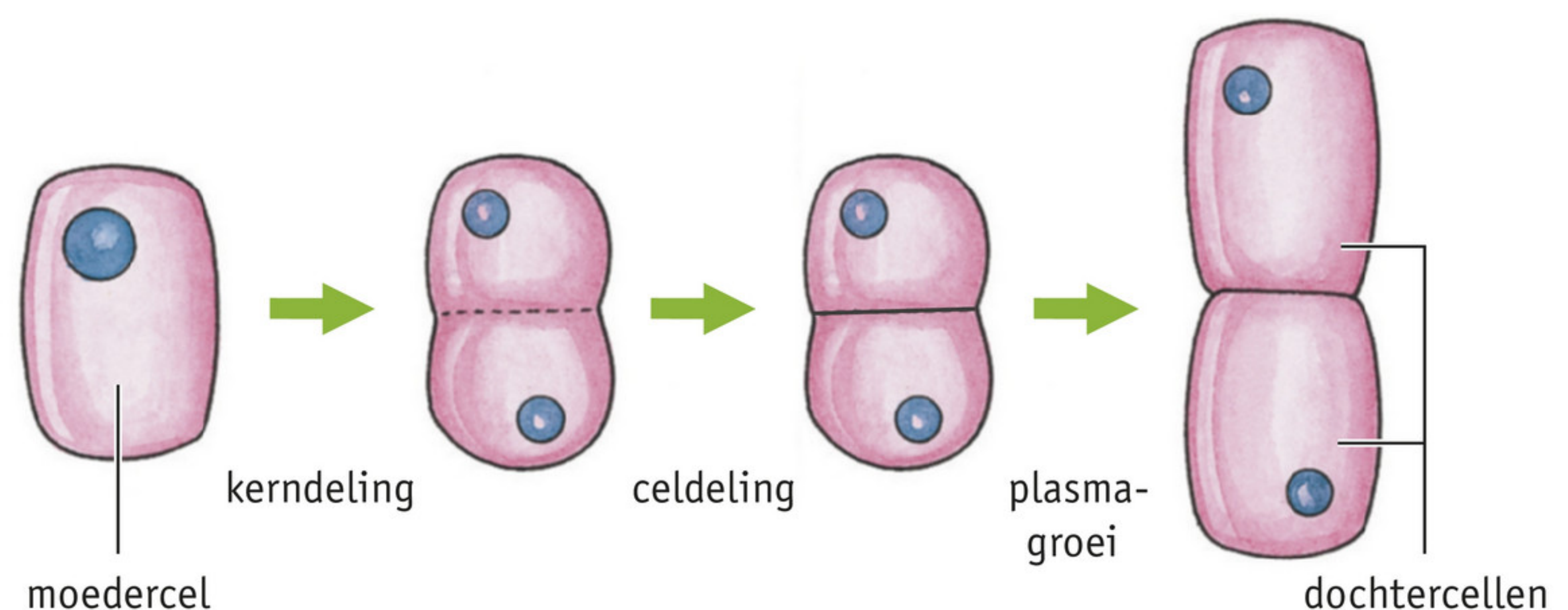
Bij celdeling ontstaan uit een cel twee cellen met dezelfde erfelijke eigenschappen. De erfelijke eigenschappen van een organisme liggen vast in het DNA. Voordat een cel gaat delen, verdubbelt de hoeveelheid DNA in de cel. De chromosomen, de dragers van het DNA, worden dan gekopieerd (zie afbeelding 5). Bij de celdeling ontvangt elke nieuwe cel vervolgens een complete set chromosomen: één helft is oorspronkelijk materiaal van de moedercel en één helft een exacte kopie daarvan.

► **Afb. 5** Een chromosoom na verdubbeling (schematisch).



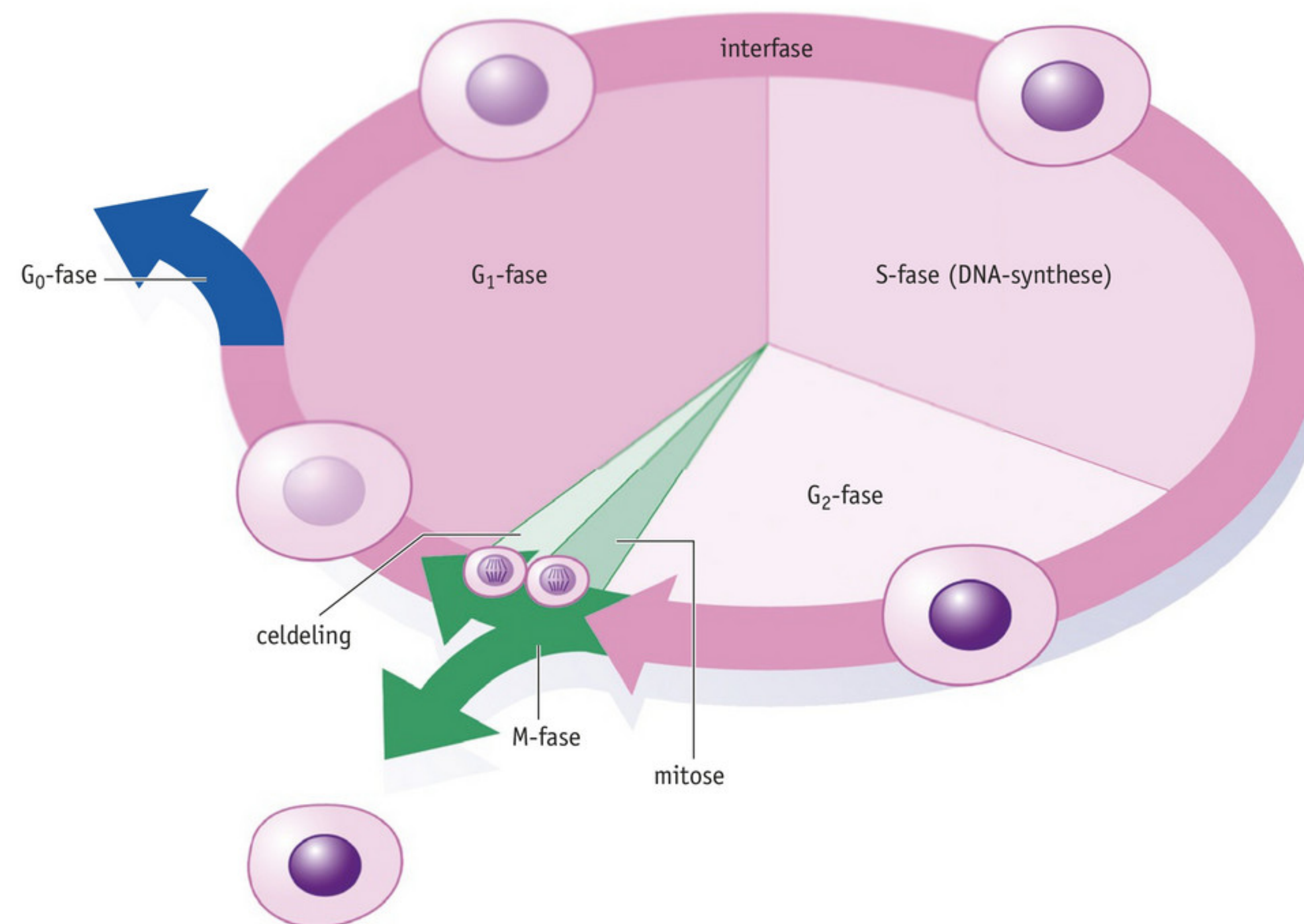
Bij planten, dieren en schimmels begint een celdeling met de deling van de celkern. De kerndeling heet **mitose**. Na de mitose snoert de cel tussen de kernen in en ontstaan er twee nieuwe cellen. De cellen vormen na de deling nieuw celplasma (zie afbeelding 6). Ook neemt het aantal celorganellen toe.

► **Afb. 6** De vorming van nieuwe cellen (schematisch).

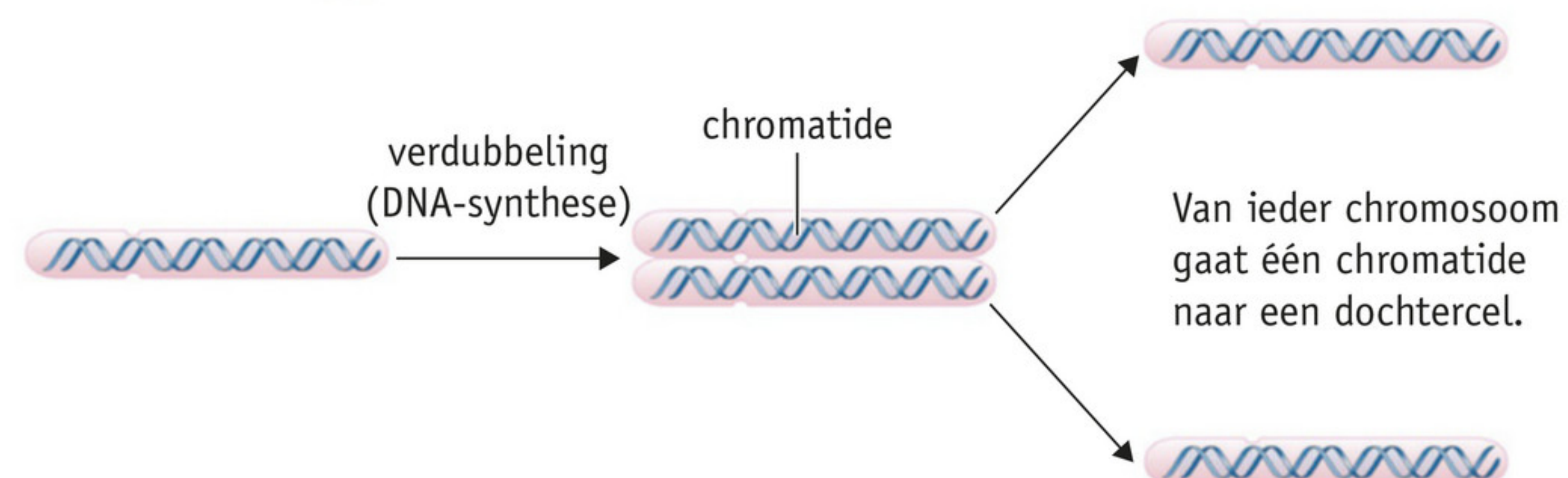


Afbeelding 7 geeft schematisch een **celcyclus** weer. Tijdens de M-fase (mitotische fase) deelt de cel. De periode tussen twee celdelingen noem je de interfase. Ongeveer halverwege de interfase wordt van elk DNA-molecuul een kopie gemaakt. Dit heet **DNA-replicatie** of **DNA-synthese**. De fase waarin dat gebeurt, heet de **S-fase** (synthesefase). De kopie blijft tijdelijk vastzitten aan het DNA waarvan de kopie is gemaakt (zie afbeelding 8). Zolang de DNA-moleculen nog aan elkaar vastzitten, worden ze **chromatiden** genoemd. Na de S-fase bestaat een chromosoom dus uit twee chromatiden.

► **Afb. 7** De celcyclus (schematisch).



► **Afb. 8** Verdeling van de chromatiden tijdens mitose (schematisch).



De periode tussen de M- en de S-fase wordt de **G₁-fase** genoemd. De 'G' is afkomstig van het Engelse woord *gap*. De periode tussen de S- en de M-fase wordt de **G₂-fase** genoemd. De interfase bestaat dus achtereenvolgens uit de **G₁-fase**, de S-fase en de **G₂-fase**. Cellen kunnen ook in rust zijn; er treden dan geen delingen op. Dit is de **G₀-fase**.

Op verschillende momenten in de celcyclus controleert het controlesysteem van de cel of de stappen tot dat moment goed zijn verlopen. Als dat zo is, gaat de celcyclus verder.

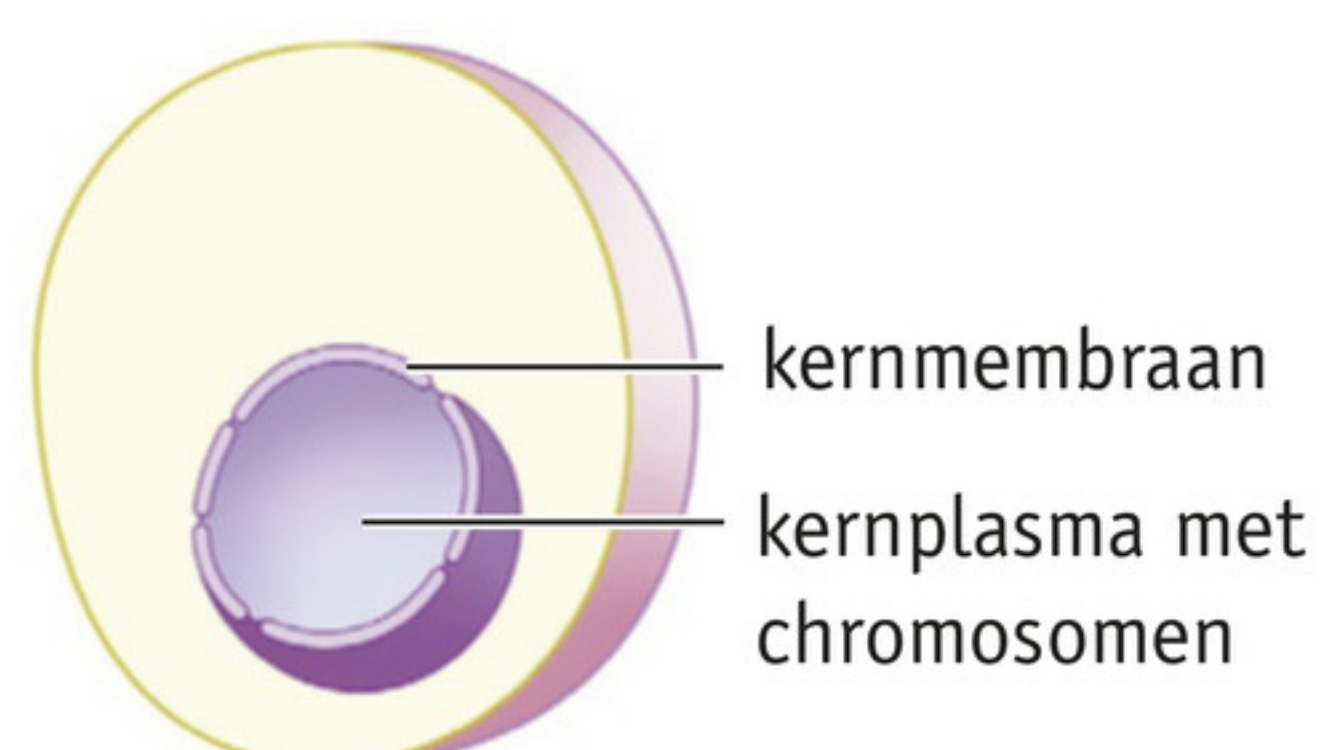
Cellen kunnen ook in rust zijn. Er treden dan geen delingen op. De celcyclus eindigt wanneer een cel veroudert en afsterft.

MITOSE

Ook de mitose vindt plaats in fasen. In afbeelding 9 is het verloop van de mitose en de celdeling van een dierlijke cel schematisch weergegeven. Aan het begin van de mitose verdwijnt het kernmembraan. Vanuit twee kanten van de cel ontstaan draden, die een soort koepel vormen om de chromosomen. Deze draden hechten aan de plaats waar de chromatiden aan elkaar vastzitten. Vervolgens krimpen de draden, waardoor de chromatiden van elkaar af bewegen naar tegenovergestelde plaatsen in de cel. Nu worden beide moleculen weer chromosoom genoemd.

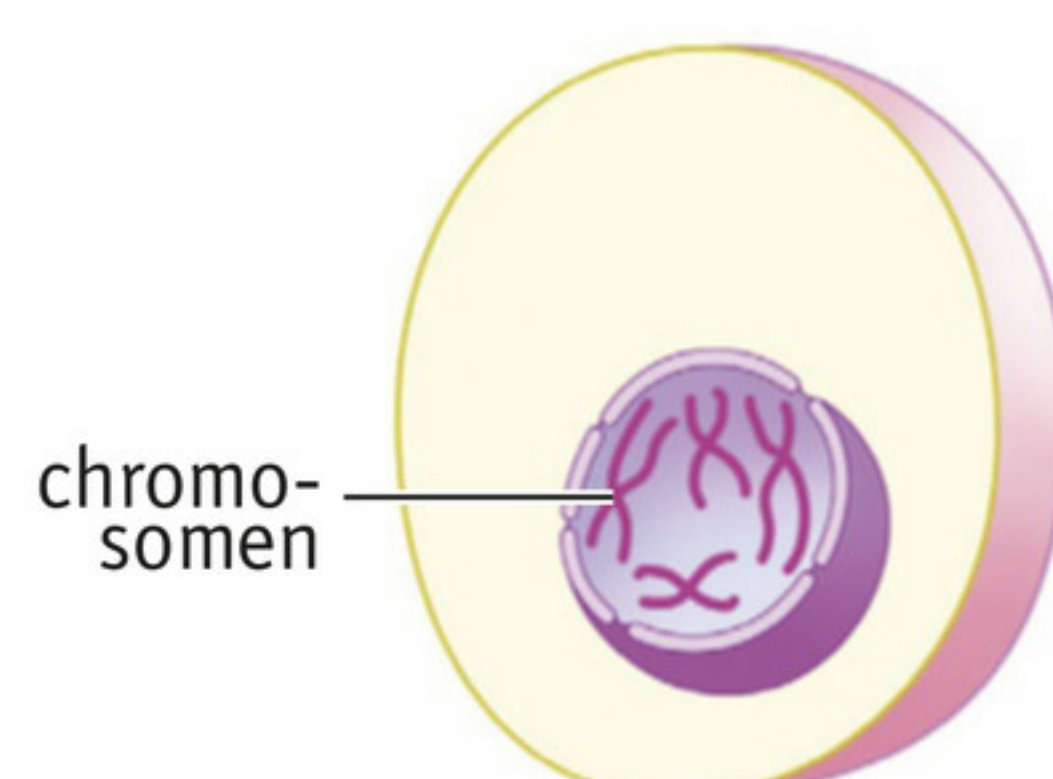
▼ **Afb. 9** Mitose (schematisch).

interfase



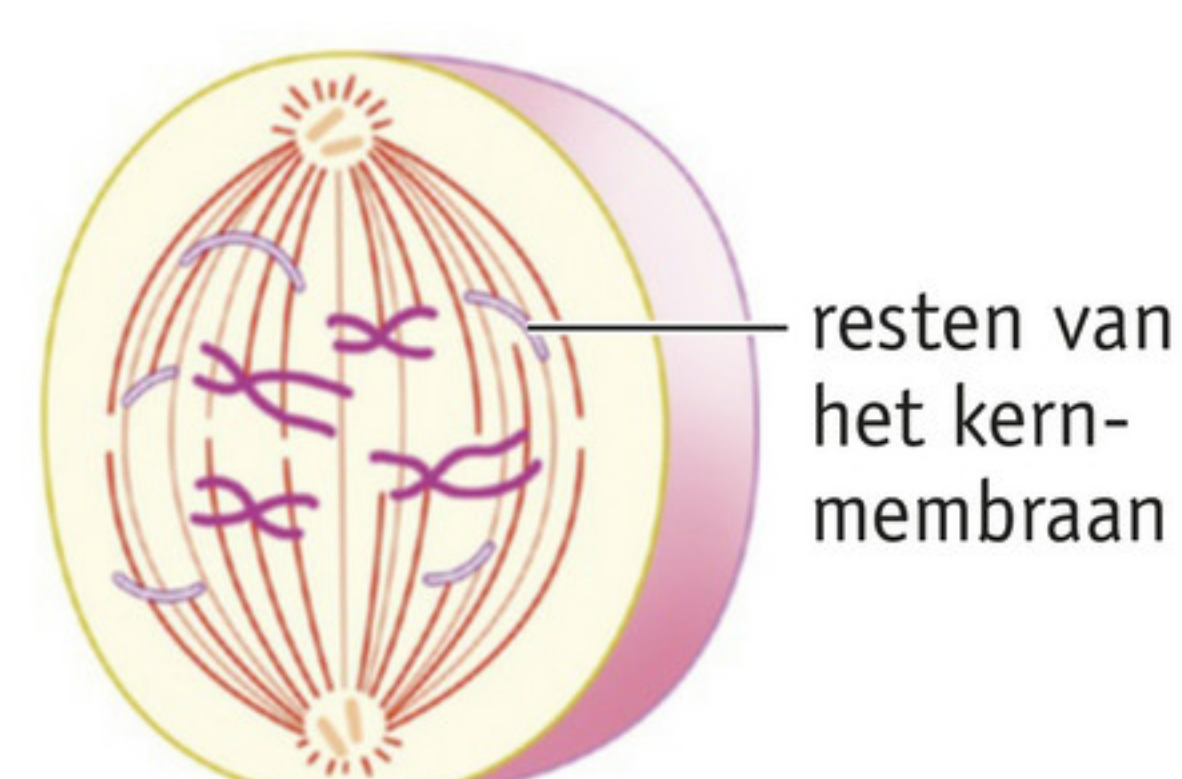
Tijdens de interfase vindt verdubbeling van de chromosomen plaats. De chromosomen zijn in deze fase niet zichtbaar.

mitose fase 1



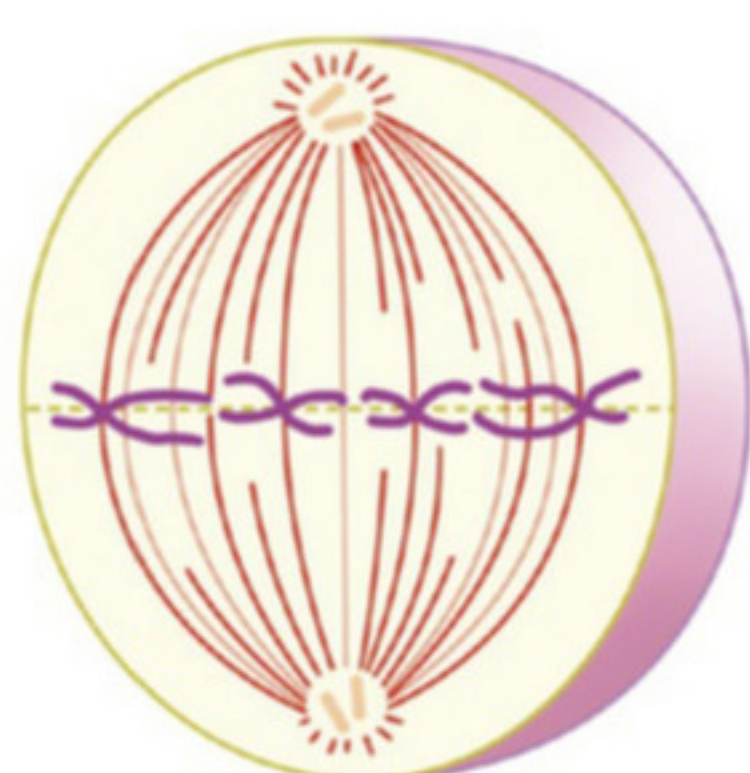
De chromosomen zijn verdubbeld en zijn nu zichtbaar met een microscoop. Elk chromosoom bestaat uit twee chromatiden.

mitose fase 2



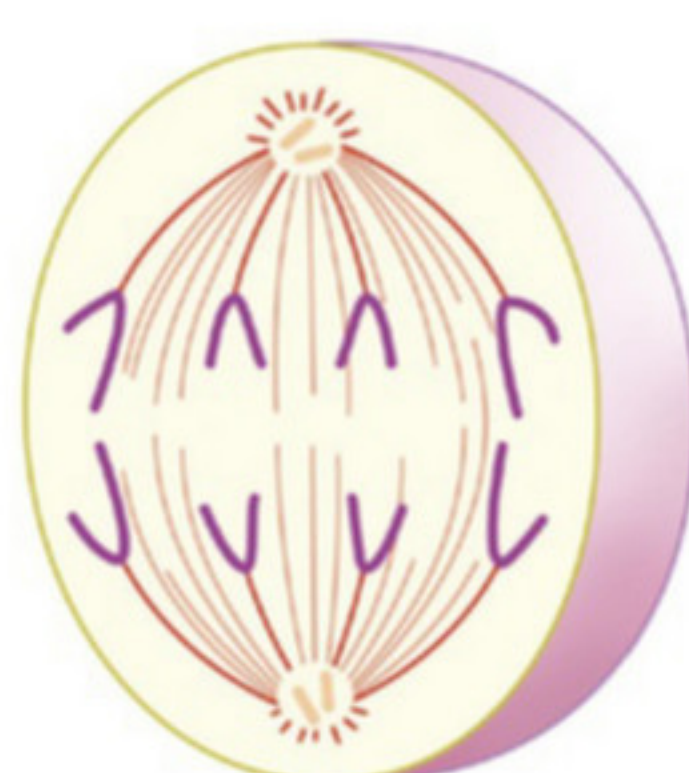
Vanuit twee kanten van de cel ontstaan draden, die een soort koepel vormen om de chromosomen. Het kernmembraan verdwijnt.

mitose fase 3



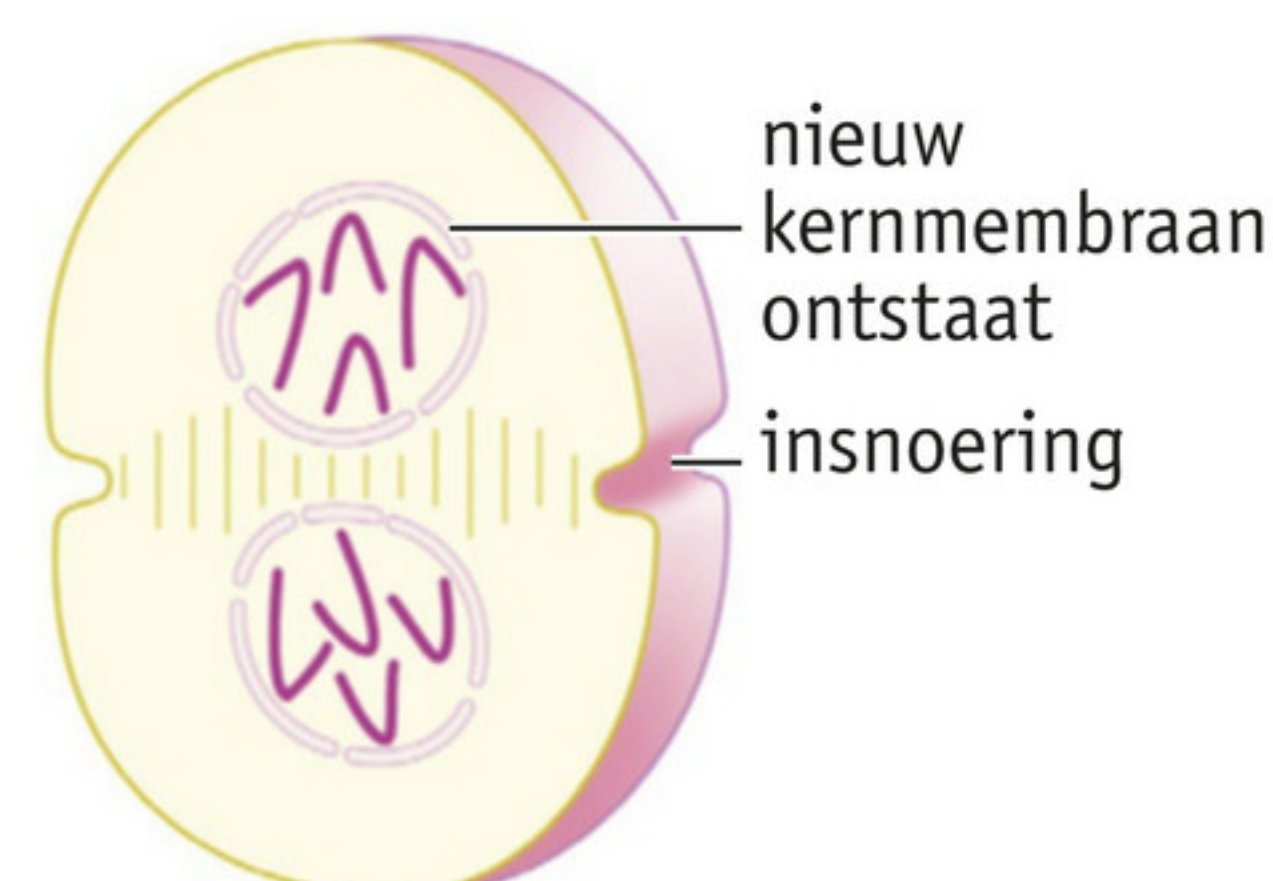
De draden hechten aan de plaats waar de chromatiden aan elkaar vastzitten.

mitose fase 4



De chromatiden worden uit elkaar getrokken. Van elk chromosoom wordt één chromatide naar één kant van de cel getrokken.

mitose fase 5



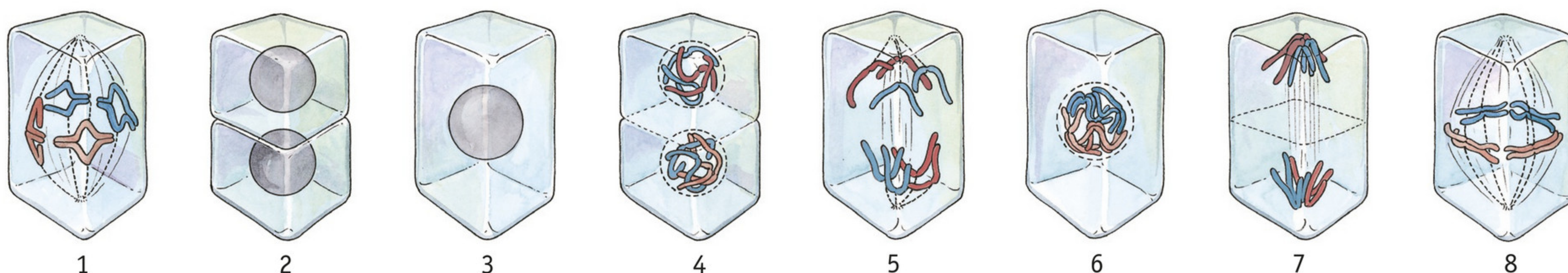
Om de chromosomen ontstaat een nieuw kernmembraan. De cel snoert zich tussen beide kernen in.

Tijdens de laatste fase vormt zich een nieuw kernmembraan en er ontstaan twee kernen. Doordat de chromosomen waren verdubbeld en daarna weer splitsten, bevat elke kern hetzelfde aantal chromosomen als de moedercel. Tot slot snoert de cel tussen beide kernen in en ontstaan twee cellen.

►► PRACTICUMOPDRACHT 2

opdrachten

- 5 Een lichaamscel van de mens bevat 23 chromosomenparen. Hoeveel chromatiden bevat een menselijke cel aan het einde van de S-fase, vlak voor de mitose?
- 6 In afbeelding 10 zijn fasen van mitose en celdeling schematisch getekend. De tekeningen staan in willekeurige volgorde. Noteer de juiste volgorde van de tekeningen.

▼ **Afb. 10** Fasen van mitose en celdeling.

1

2

3

4

5

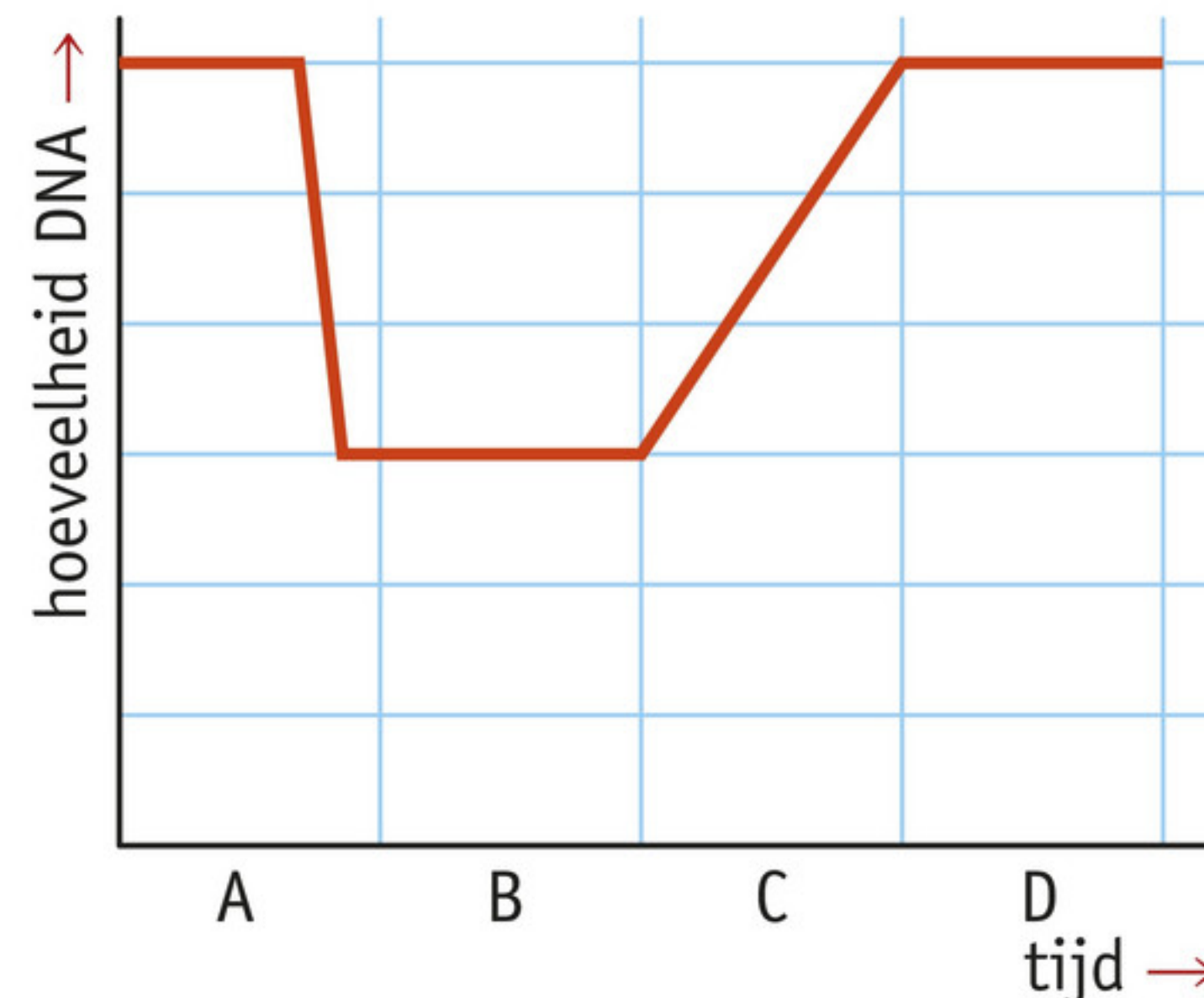
6

7

8

- 7 a Het diagram van afbeelding 11 laat de hoeveelheid DNA in een cel zien. In het diagram zijn vier perioden aangegeven. Welke letter hoort bij de S-fase?
- b Verklaar de dalende lijn in het diagram bij A.

► Afb. 11 Hoeveelheid DNA.



▼ Afb. 12 Ook runderen worden gekloond.



KLONEN

Klonen wordt bij planten veel gebruikt om gunstige erfelijke eigenschappen te behouden, bijvoorbeeld bij sierbloemen of voedingsgewassen. Op kleinere schaal worden ook dieren gekloond, zoals varkens en schapen. Dat gebeurt in Europa bijvoorbeeld om menselijke ziekten te onderzoeken of medicijnen te testen. Dieren kunnen kunstmatig worden gekloond door embryosplitsing. Daarbij wordt het klompje cellen dat na bevruchting ontstaat (het embryo) in tweeën of vieren gedeeld. Embryosplitsing wordt bijvoorbeeld toegepast bij runderen (zie afbeelding 12). Elk klompje cellen wordt in de baarmoeder van een koe geplaatst. Daar groeit het uit tot een kalf.

Niet iedereen is enthousiast over klonen. Tegenstanders vinden bijvoorbeeld dat de mens niet mag ingrijpen in de natuur, of dat dieren niet mogen worden gebruikt voor onderzoek. Dit zijn ethische argumenten. Anderen hebben bezwaren tegen klonen, omdat de nakomelingen soms afwijkingen hebben of jong overlijden. Dit zijn biologische argumenten.

opdrachten

- 8 a Het embryo van een drachtige koe wordt gekloond door middel van embryosplitsing. Vindt er na het splitsen mitose plaats? Leg je antwoord uit.
- b Hebben twee kalfjes die door klonen uit dezelfde moederkoe zijn ontstaan, hetzelfde geslacht of kunnen ze van geslacht verschillen? Leg je antwoord uit.
- 9 Sommige mensen hebben bezwaren tegen klonen. Ze kunnen daarvoor ethische en/of biologische argumenten hebben. Noteer bij elk van de volgende bezwaren of het een biologisch of een ethisch argument is. Leg telkens je antwoord uit.
- a Bij klonen van dieren is het risico op een miskraam groot.
 - b Je mag dieren niet als een product behandelen.
 - c Veel gekloonde dieren hebben gezondheidsproblemen.

CONTEXT

Leefwereld

Kloonfabriek

Een snelgroeiend biotechnologiebedrijf in China bouwde in 2016 een enorme kloonfabriek. Daar gaan ze jaarlijks meer dan een miljoen snuffelhonden, renpaarden en koeien produceren. ‘Chinese veehouders kunnen nauwelijks voldoen aan de vraag naar vlees. We zetten de embryo’s in voor commercieel gebruik, maar werken ook aan verbetering van de verschillende rassen,’ zegt Xu Xiaochun, directeur van BoyaLife. Naast het klonen van dieren voor commercieel gebruik willen de Chinezen er ook panda’s en andere bedreigde diersoorten klonen.

▼ **Afb. 13** Chinese veehouders kunnen nauwelijks voldoen aan de vraag naar vlees.



opdracht

- 10 a Iemand heeft bezwaar tegen de kloonfabriek. Hij vindt het klonen van bedreigde diersoorten een slecht idee, omdat de mens niet zomaar mag bepalen welke soort uitsterft of blijft bestaan. Gebruikt die persoon een biologisch of een ethisch argument? Leg je antwoord uit.
- b Noteer een biologisch argument voor of tegen het klonen van bedreigde diersoorten.
- c Zou jij je huisdier willen laten klonen? Geef een beargumenteerde mening.

Leerdoelen

- Je kunt uitleggen hoe door meiose geslachtscellen ontstaan en hoe bevruchting verloopt.
- Je kunt beschrijven hoe geslachtelijke voortplanting bij bloemplanten plaatsvindt.
- Je kunt de delen en werking van het voortplantingsstelsel van de mens beschrijven.

2 Geslachtelijke voortplanting

Geslachtelijke voortplanting heeft heel wat om handen: er is een ander individu voor nodig, beide organismen moeten vruchtbaar zijn en ook op celniveau zijn er voorbereidingen noodzakelijk.

CELFUSIE

Een kenmerk van **geslachtelijke voortplanting** is de versmelting van twee cellen. De versmelting van twee cellen heet celfusie. Door celfusie komt de inhoud van twee cellen samen, dus ook beide kernen. Dit is het begin van de **levenscyclus**, de stadia die een individu doorloopt vanaf bevruchting tot volwassenheid.

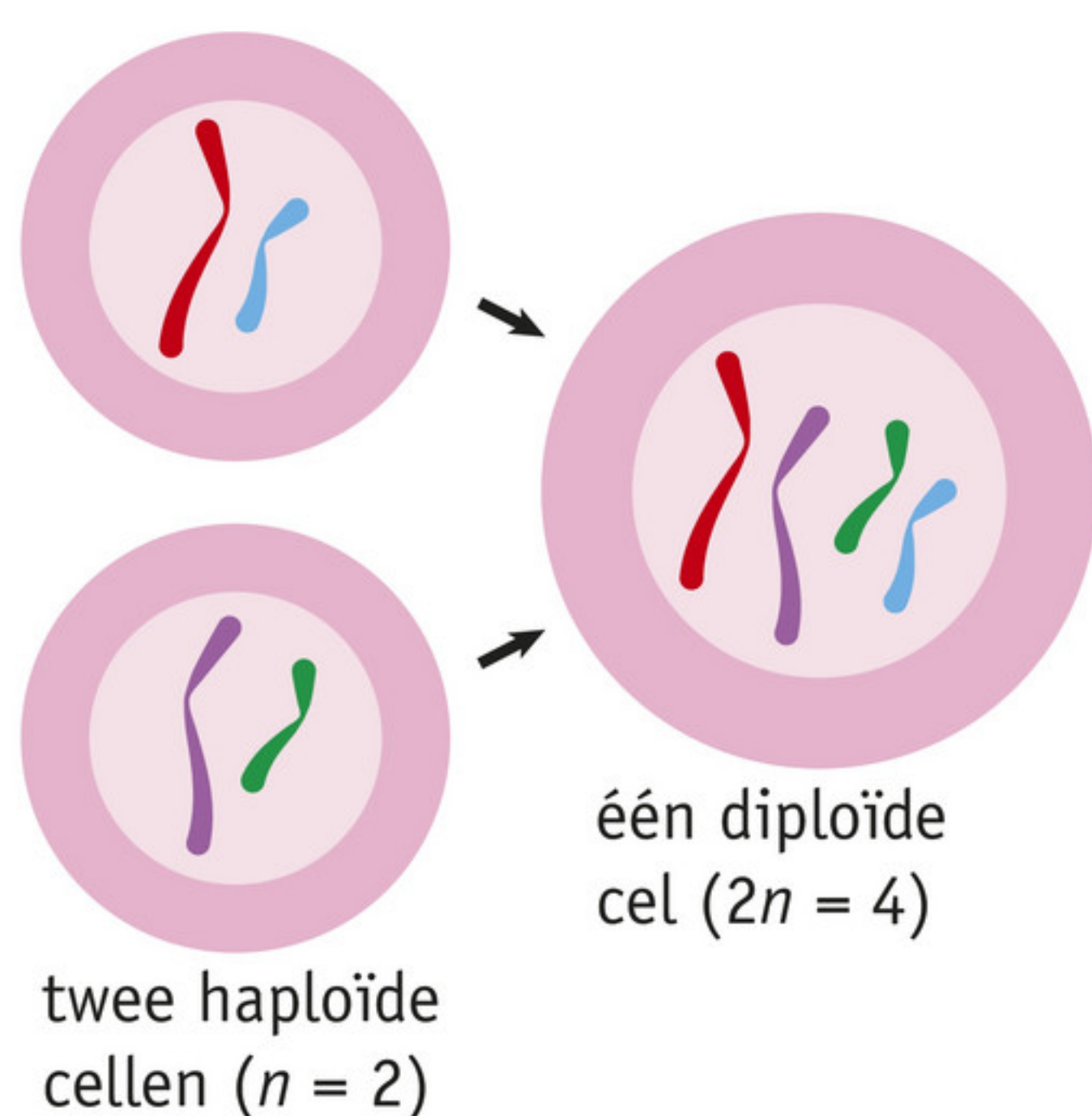
Het aantal chromosomen in de cellen van een organisme is constant en verandert niet door geslachtelijke voortplanting. Om het aantal chromosomen constant te houden, vindt op enig moment in de levenscyclus een reductie van het aantal chromosomen plaats. Bij mensen en veel andere meercellige organismen vindt deze reductie plaats tijdens de productie van **geslachtscellen**. Alle andere cellen in het lichaam, die niet tot de geslachtscellen behoren, worden **lichaamscellen** genoemd.

MEIOSE

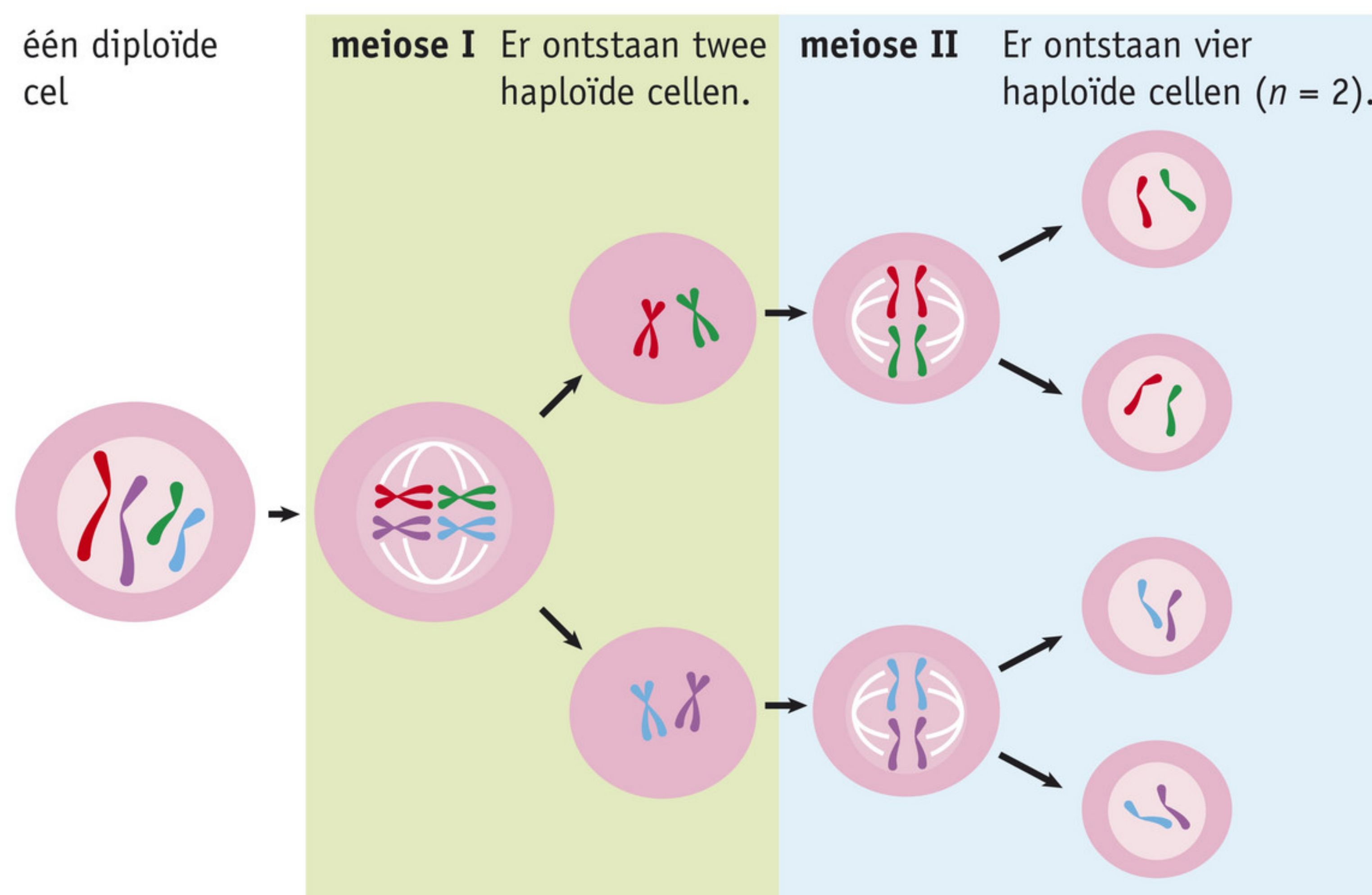
Tijdens de **bevruchting** fuseren twee geslachtscellen. Geslachtscellen zijn **haploïde** cellen: elke geslachtscel bevat één volledige set chromosomen. Het aantal chromosomen in een haploïde cel wordt weergegeven met de letter 'n'. Een bevruchte eicel ofwel **zygote** bevat twee volledige sets chromosomen; het zijn **diploïde** (= tweevoudige) cellen. Elk chromosoom komt twee keer voor. Dit wordt aangegeven met '2n' (zie afbeelding 14). Alle lichaamscellen zijn diploïde cellen.

Het proces waarbij het aantal chromosomen van een cel wordt gereduceerd, heet **reductiedeling** of **meiose**. De meiose bestaat uit twee opeenvolgende delingen: **meiose I** en **meiose II**. Tijdens meiose I deelt één diploïde cel zich in twee haploïde cellen. Door meiose II ontstaan uit deze twee haploïde cellen vier haploïde dochtercellen (zie afbeelding 15). Deze cellen kunnen zich ontwikkelen tot geslachtscellen.

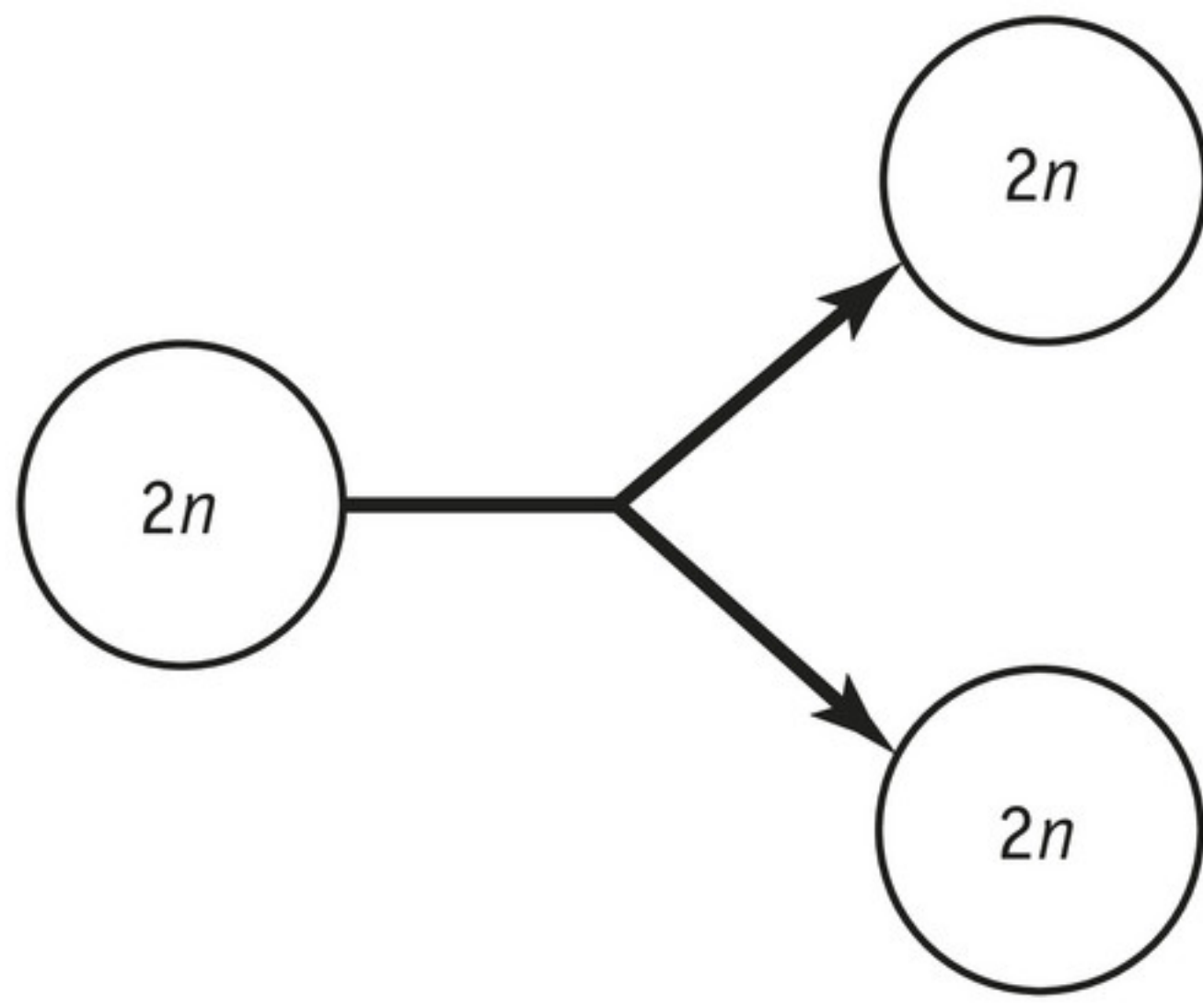
▼ **Afb. 14** Bevruchting (schematisch, $n = 2$).



► **Afb. 15** Meiose (schematisch, $2n=4$).



▼ **Afb. 16** Mitose (schematisch).



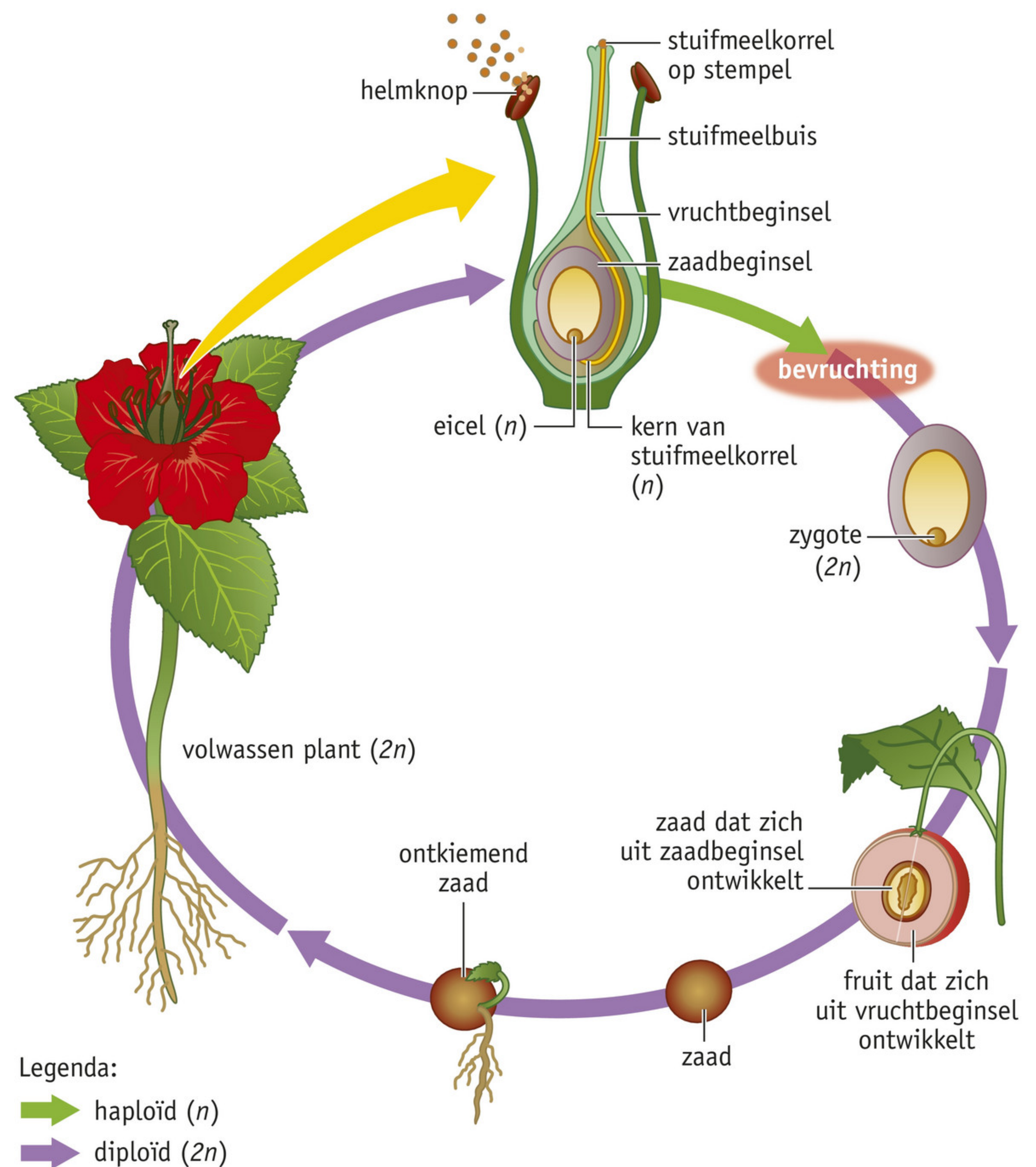
opdracht

- 11** Tijdens de mitose ontstaan uit één lichaamscel twee lichaamscellen. In afbeelding 16 is dit schematisch weergegeven. In elke cel is het aantal chromosomen aangegeven met $2n$.
- Geef op dezelfde manier meiose I schematisch weer.
 - Vul het schema dat je bij opdracht a hebt gemaakt, aan met meiose II.
 - Je kunt de mitose als volgt weergeven: $2n \rightarrow 2n + 2n$. Geef de meiose op eenzelfde manier weer.
 - De cellen die tijdens de mitose ontstaan, bevatten dezelfde erfelijke informatie als de moedercel. Zijn de cellen die bij de meiose ontstaan, ook genetisch identiek aan de moedercel? Leg je antwoord uit.

GESLACHTELIJKE VOORTPLANTING BIJ PLANTEN

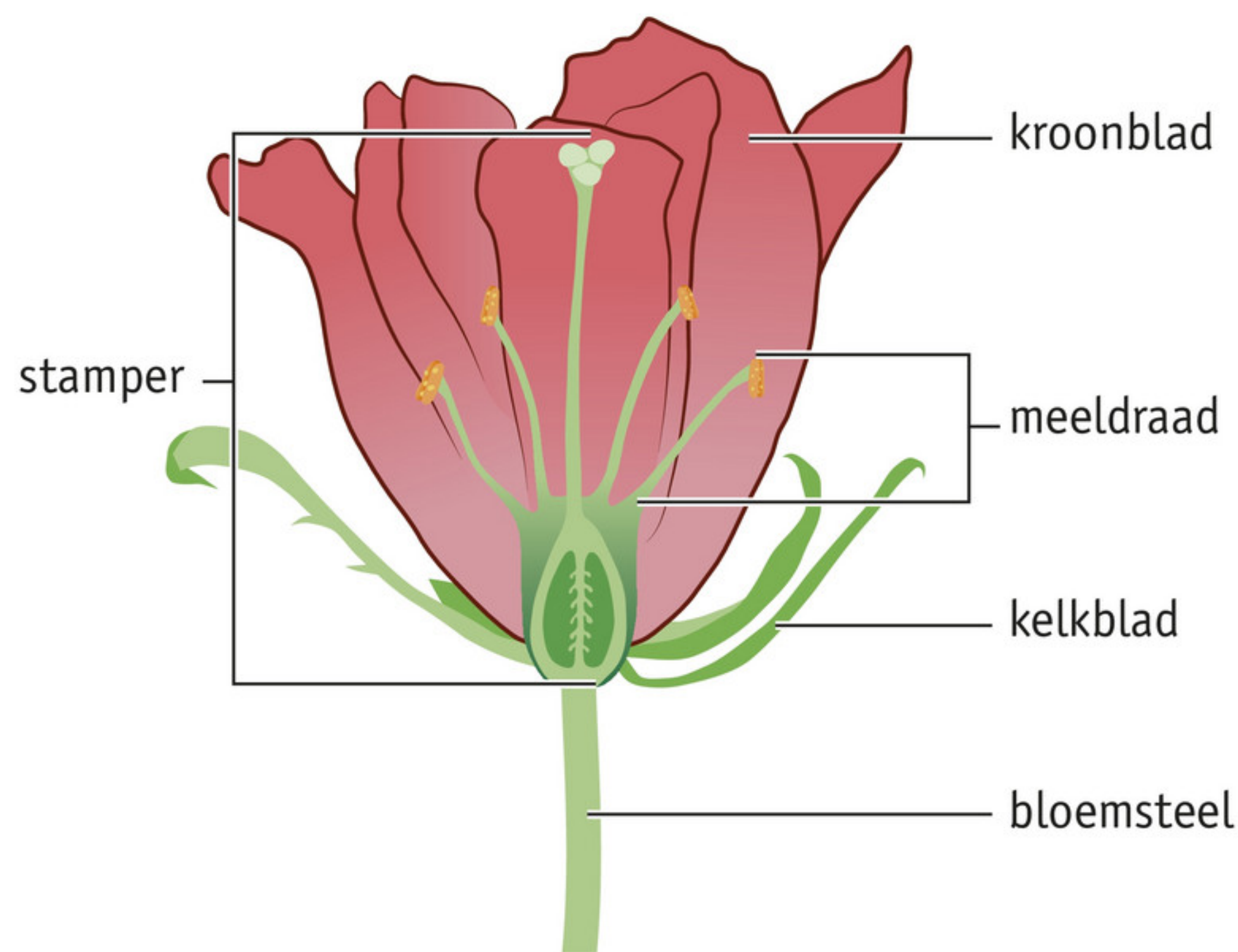
Bij geslachtelijke voortplanting van zaadplanten hebben bloemen een belangrijke functie. De levenscyclus van zaadplanten door geslachtelijke voortplanting zie je in afbeelding 17.

► **Afb. 17** Levenscyclus van een zaadplant.

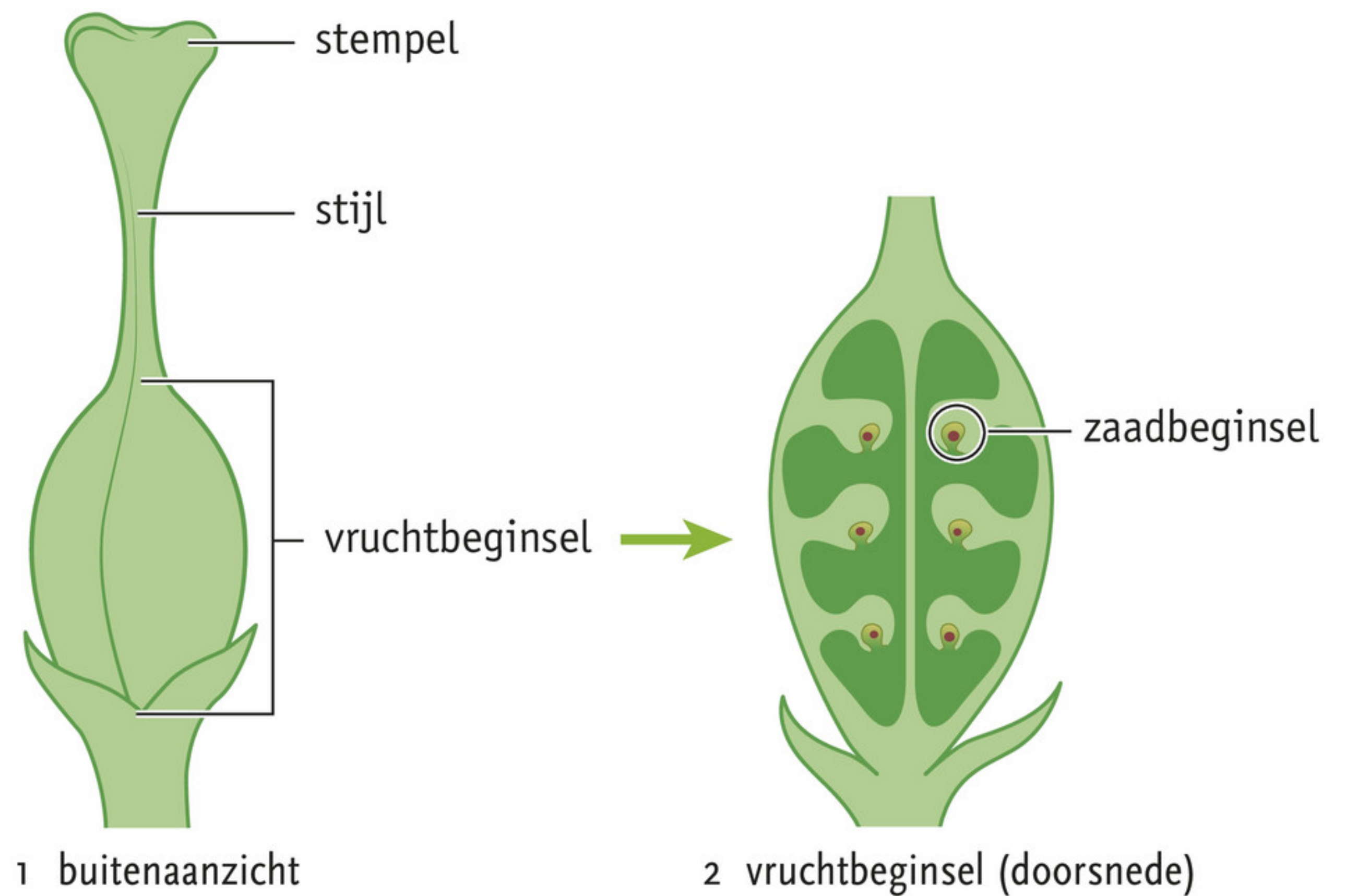


De **meeldraden** en **stamper(s)** zijn respectievelijk de mannelijke en vrouwelijke voortplantingsorganen (zie afbeelding 18). In de helmknoppen van de meeldraden vindt meiose plaats. De haploïde cellen die hierbij ontstaan, ontwikkelen zich tot stuifmeelkorrels. In het **vruchtbeginssel** van een stamper bevinden zich een of meer zaadbeginssels. In elk **zaadbeginssel** ontstaat één eikel na meiose (zie afbeelding 19).

▼ **Afb. 18** Model van een bloem.

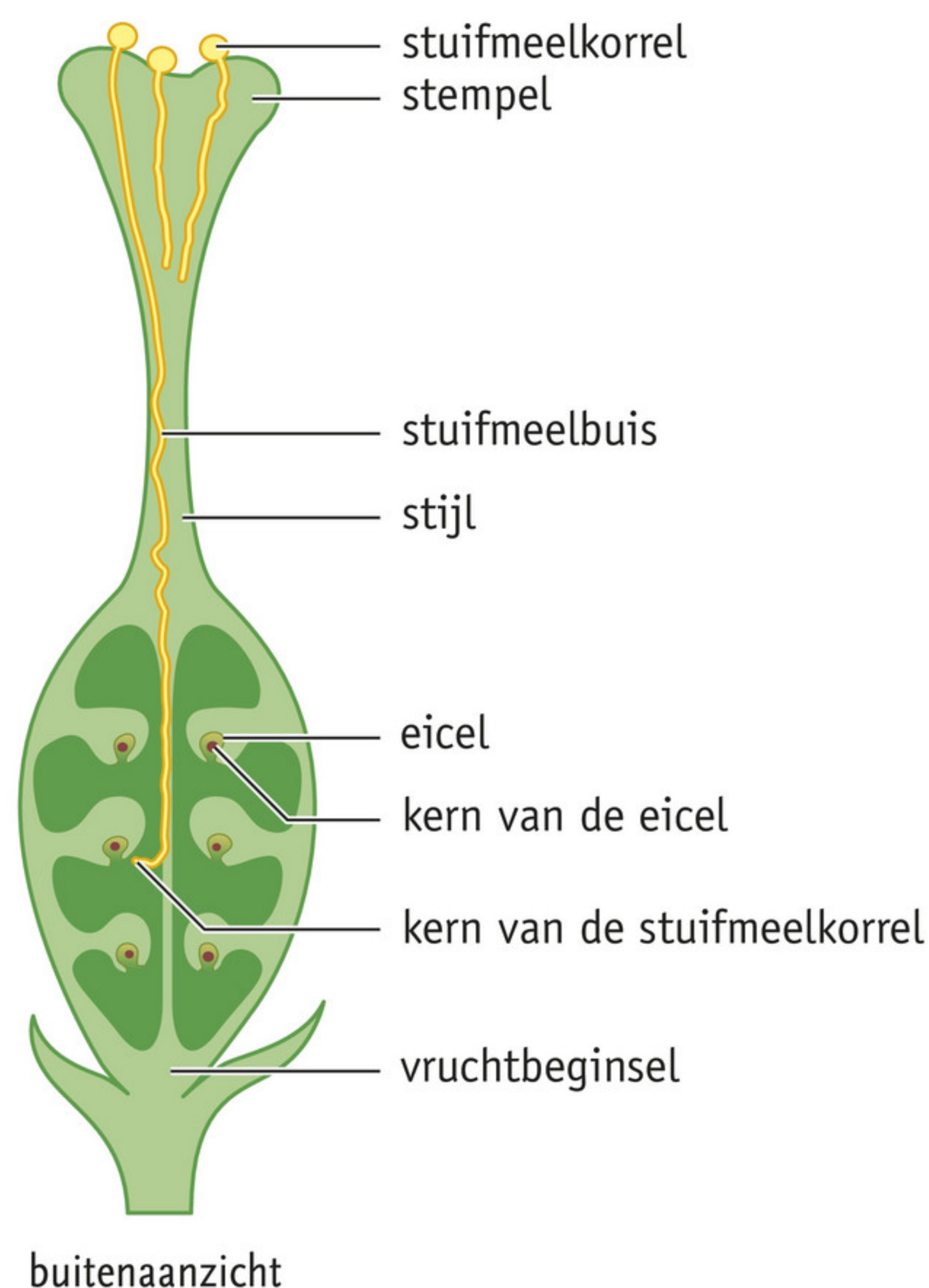


▼ **Afb. 19** Stamper.



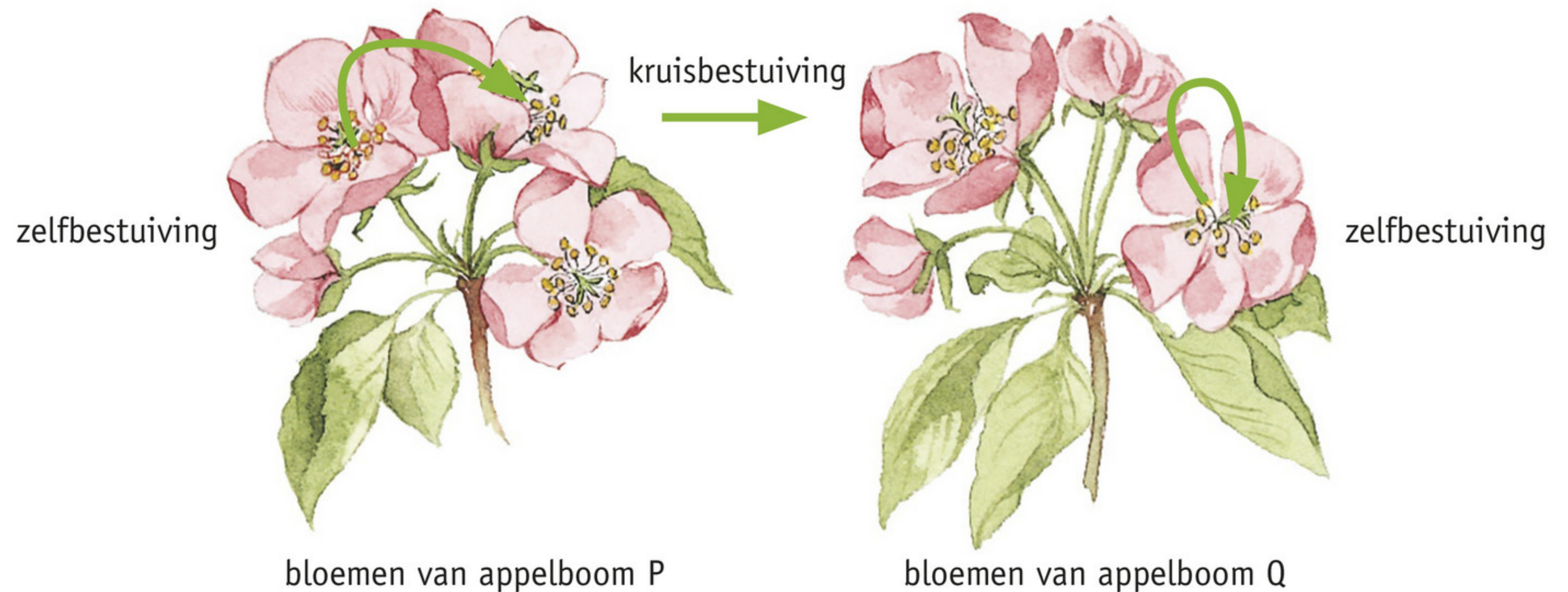
Bij de bestuiving komen stuifmeelkorrels op de stempel terecht. Daarna groeit er uit de stuifmeelkorrel een stuifmeelbuis door de stijl naar een zaadbeginssel (zie afbeelding 20). Bij de bevruchting versmelt de kern van de stuifmeelkorrel met de kern van de eikel. Na de bevruchting ontwikkelt zich zaad uit het zaadbeginssel. Het **zaad** bestaat uit een kiem en een voorraad voedsel. De **kiem** is het embryo van het nieuwe plantje. Als het zaad op een geschikte plek in de bodem terechtkomt, kan het ontkiemen en uitgroeien tot een plant.

► **Afb. 20** Stamper met stuifmeelbuizen (schematisch).



Zowel abiotische factoren (wind of water) als biotische factoren (dieren) zorgen voor de verspreiding van stuifmeelkorrels. Bij **zelfbestuiving** komt stuifmeel terecht op een stempel van dezelfde plant, terwijl bij **kruisbestuiving** het stuifmeel terechtkomt op een stempel van een andere plant van dezelfde soort (zie afbeelding 21).

► **Afb. 21** Zelfbestuiving en kruisbestuiving.



PLANTENVEREDELING

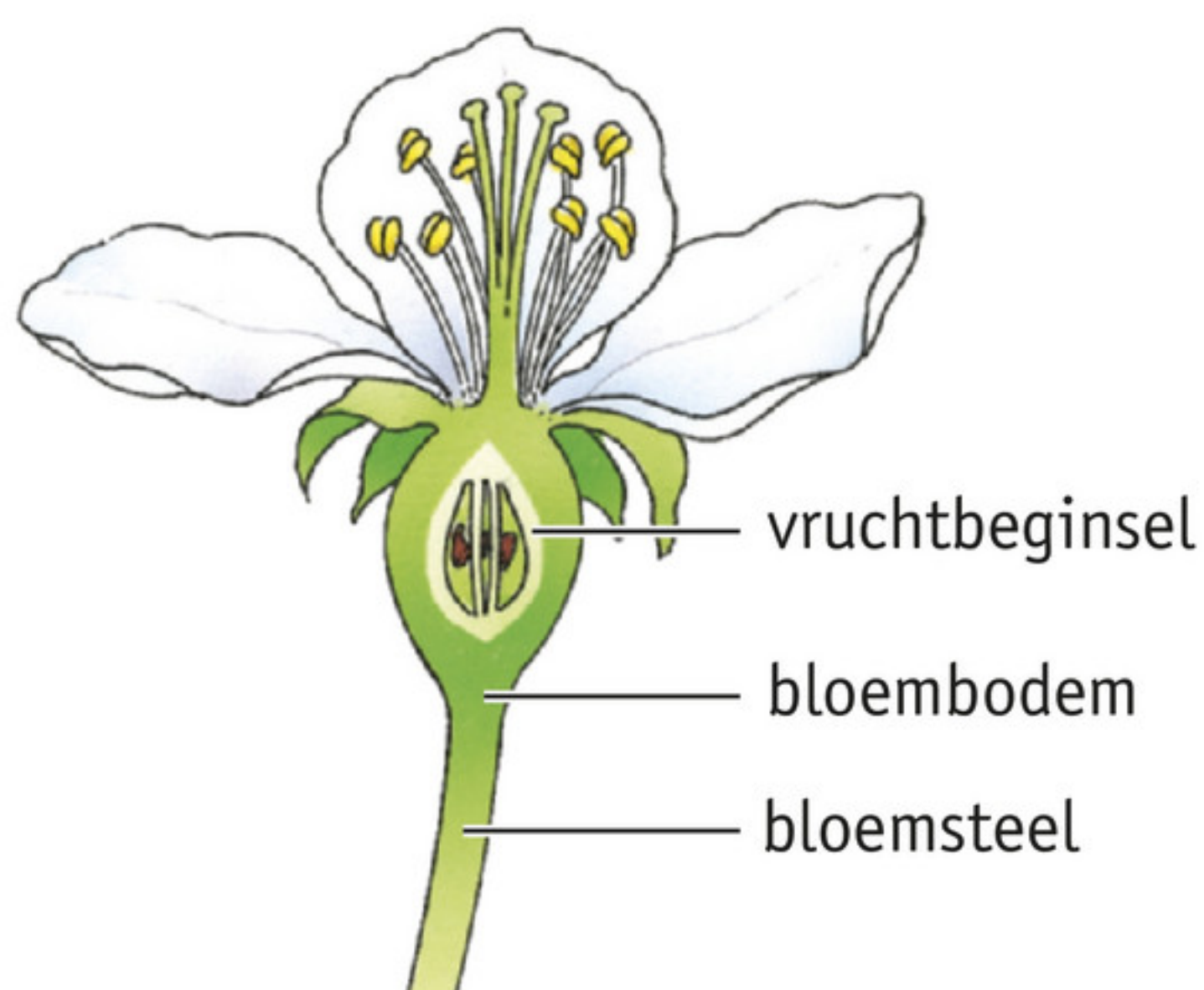
Door kunstmatig gewassen met de beste kwaliteit of de meest gunstige eigenschap te kruisen, hebben kwekers door de eeuwen heen fruit geteeld dat veel groter is dan het 'wilde' fruit dat in de natuur aanwezig was. Op dezelfde manier proberen kwekers planten en bloemen met bijvoorbeeld een mooi uiterlijk of een lange levensduur te telen. Het kruisen van geselecteerde gewassen om nakomelingen met de gewenste eigenschappen te verkrijgen, heet **plantenveredeling**.

opdrachten

- 12 **a** Bijen kunnen zorgen voor bestuiving als ze van bloem naar bloem gaan, op zoek naar nectar.
Leg uit hoe dat mogelijk is.
- b** Welk type bestuiving vindt dan plaats?
- c** Draagt de bij mannelijke of vrouwelijke geslachtscellen van de plant mee?

- 13 Appels bestaan uit een klokhuis met daaromheen vruchtvlees. Het vruchtvlees is ontstaan uit de bloembodem (zie afbeelding 22).
 - a** Waar is het klokhuis uit ontstaan?
 - b** Bij een klokhuis zit aan het ene uiteinde het steeltje, of de plek waar het steeltje heeft vastgezet. Aan het andere uiteinde zitten kleine, houderige uitsteeksels.
Waar zijn die uitsteeksels de restanten van?
 - c** In het klokhuis zitten appelpitten, de zaden van de appelboom. Een appel wordt doormidden gesneden. Er blijken zeven pitten in het klokhuis aanwezig te zijn.
Hoeveel zaadbeginsels waren er bij de vorming van deze appel betrokken?
Leg je antwoord uit.
 - d** Een kweker wil een appelras verbeteren door appelras A met appelras B te kruisen. Hij bestuift ras A met stuifmeelkorrels van ras B.
Wat kun je zeggen over de erfelijke eigenschappen van het vruchtvlees van de appels die dat jaar aan de bomen van de kweker groeien?
 - e** Wat moet de kweker doen om appels te oogsten die een kruising zijn van ras A en ras B?

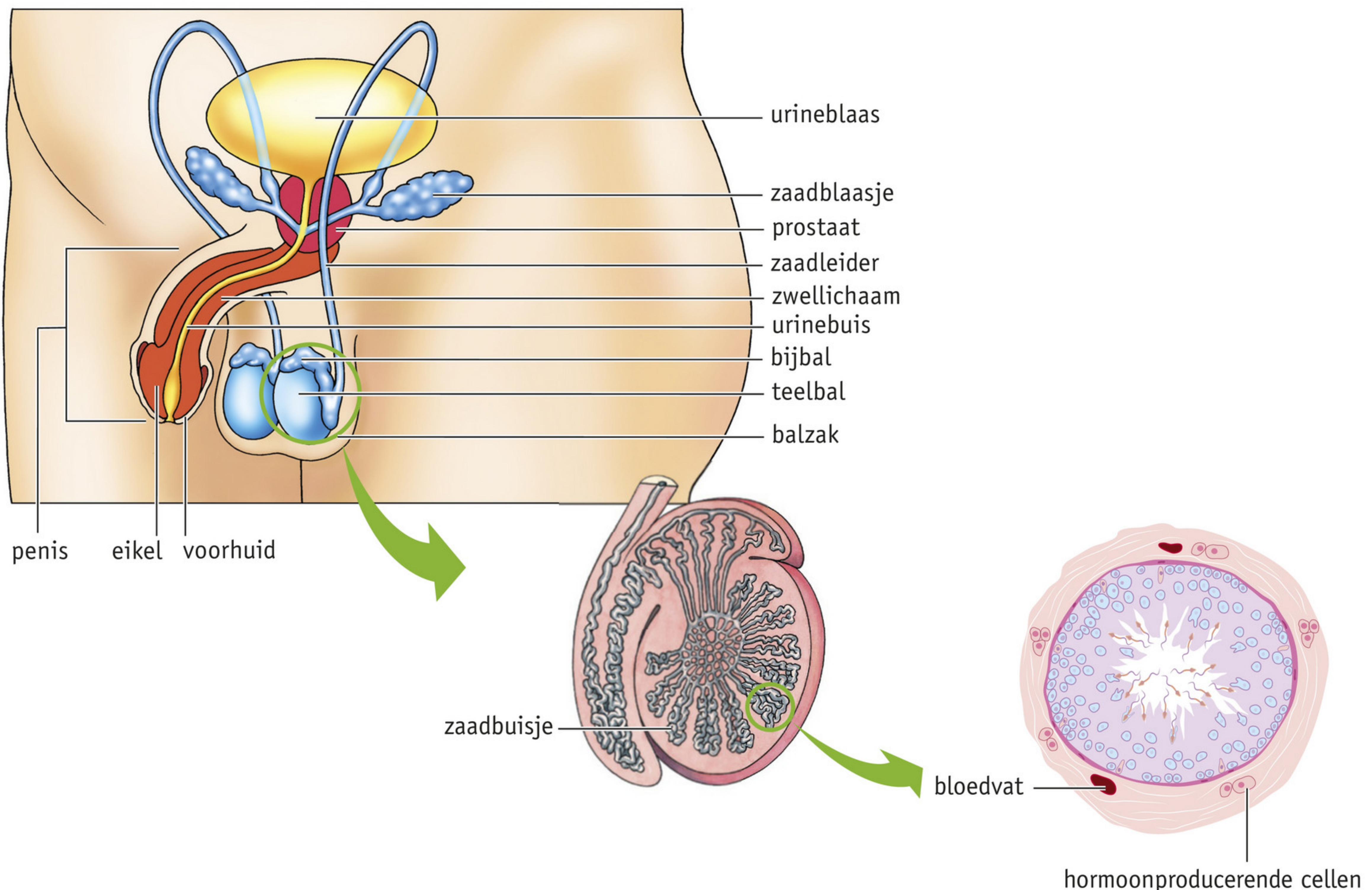
▼ **Afb. 22** Appelbloem.



ZAADCELLEN

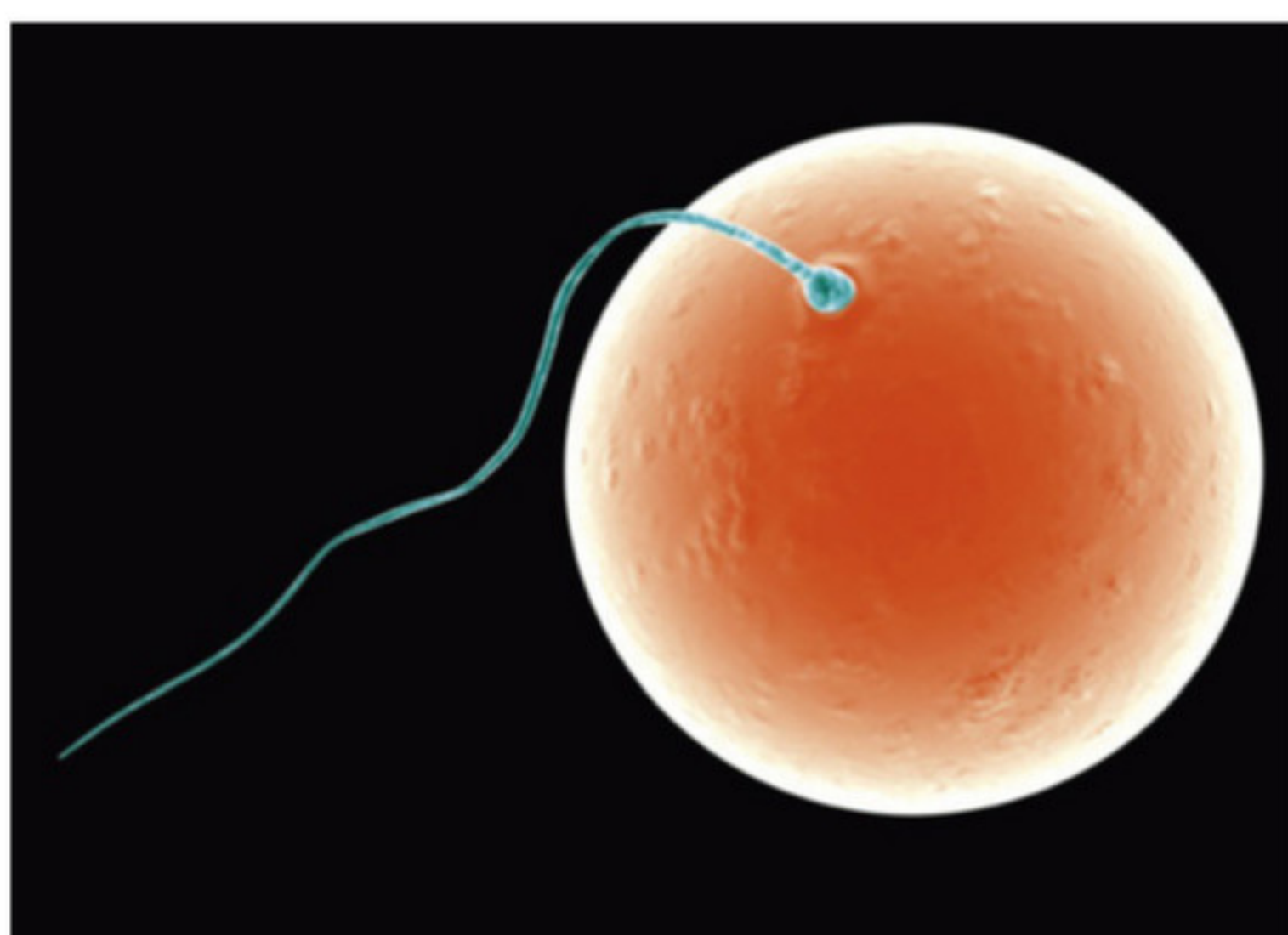
Organismen die zich geslachtelijk voortplanten, hebben speciale organen die voortplantingscellen maken. Bij mensen zijn dit bij mannen de **teelballen**. Hier ontstaan uit diploïde moedercellen haploïde dochtercellen. De teelballen bevatten sterk gekronkelde zaadbuisjes (zie afbeelding 23). Aan de binnenkant van deze buisjes liggen cellen die zich delen, waardoor ‘zaadcel-moedercellen’ ontstaan. Hieruit ontwikkelen zich **zaadcellen**.

▼ **Afb. 23** Het mannelijk voortplantingsstelsel.



De zaadbuisjes lopen door tot in de bijballen, die op de teelballen liggen. De zaadcellen komen in de bijballen terecht, waar ze tijdelijk worden opgeslagen. De teelballen en de bijballen liggen in een huidplooi (de balzak) buiten het lichaam. De temperatuur in de balzak is ongeveer twee graden lager dan in de buikholte; dat is gunstig voor de ontwikkeling van de zaadcellen.

▼ **Afb. 24** Een zaadcel bevrucht een eikel (SEM).



Door seksuele opwinding wordt de penis stijf. De zwellichamen vullen zich dan met bloed. Door verdere prikkeling van de eikel krijgt een man een orgasme en heeft hij een zaadlozing (ejaculatie). De zaadcellen gaan dan via de zaadleider vanaf de bijballen naar de urinebuis. De zaadblaasjes en de prostaat voegen vocht toe. Dit vocht bevat verschillende stoffen, waaronder eiwitten en energierijke stoffen. Het vocht met de zaadcellen heet sperma.

Sperma is een beetje basisch, waardoor het milieu van de vagina na een zaadlozing minder zuur is. Hierdoor blijven zaadcellen langer in leven. Buiten het lichaam gaan zaadcellen na ongeveer vijf minuten dood. In het lichaam van een vrouw leven ze meestal zo'n 24 tot 48 uur, maar sommige zaadcellen overleven tot wel vijf dagen. De zaadcel heeft een zweepstaart waarmee hij kan bewegen (zie afbeelding 24).

opdrachten

- 14 Door welke delen van het mannelijk voortplantingsorgaan gaat een zaadcel bij een zaadlozing? Noteer de delen in de juiste volgorde.
- 15 Vocht uit de zaadblaasjes bevat onder andere een suiker: fructose. Uit fructose kan net als uit glucose energie worden vrijgemaakt. Zaadcellen bevatten relatief veel mitochondriën.
Leg het verband uit tussen de fructose in sperma, het relatief grote aantal mitochondriën in zaadcellen en de beweeglijkheid van zaadcellen.

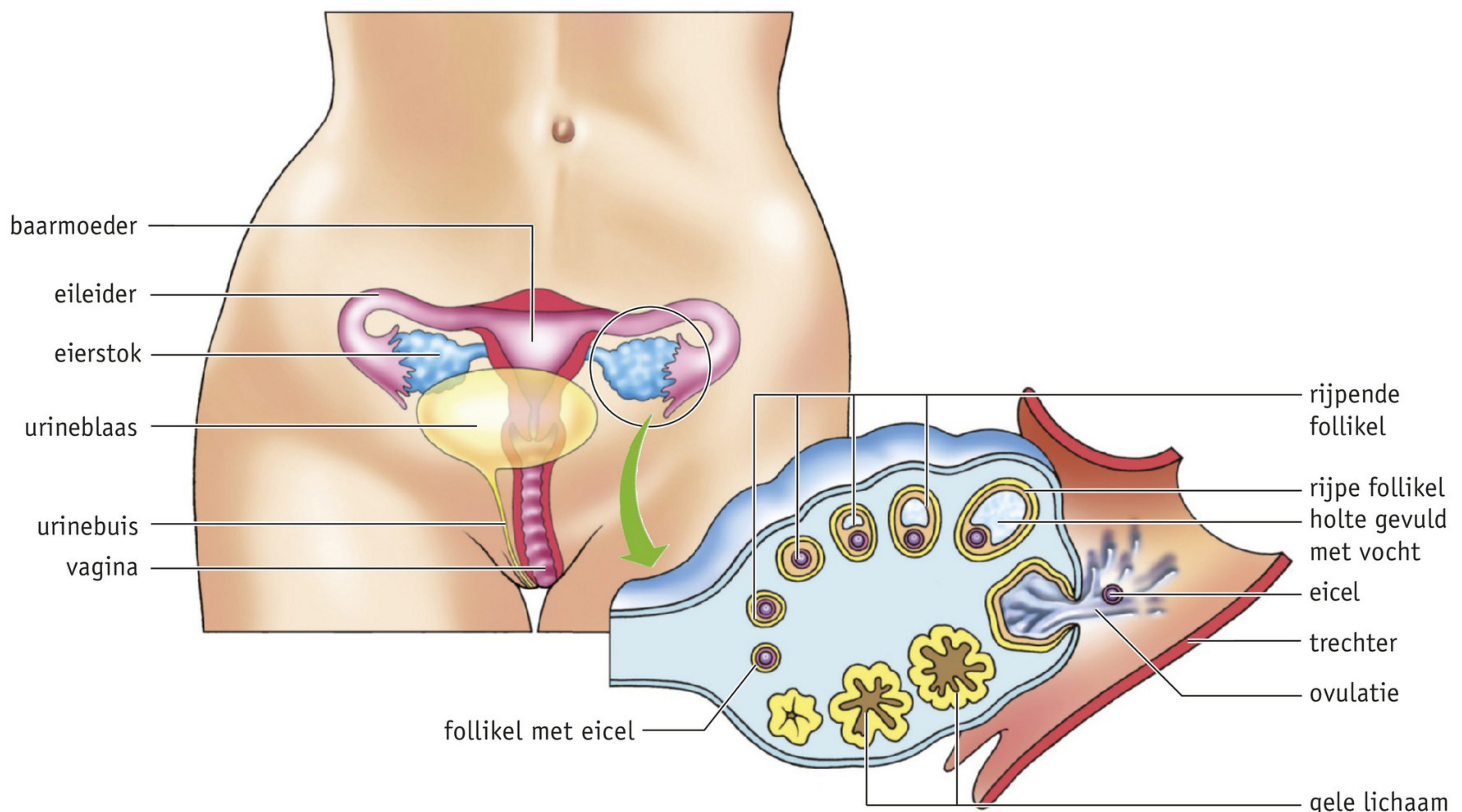
EICELLEN

Een vrouwelijke **eicel** is veel groter dan de mannelijke zaadcel. Eicellen ontstaan bij de mens in de **eierstokken** van een vrouw. Als een meisje wordt geboren, bevinden zich in de eierstokken enkele miljoenen cellen waaruit zich alle eicellen zullen ontwikkelen. Deze voorlopers van eicellen bevinden zich in het beginstadium van de meiose en zijn op dat moment nog diploïd.

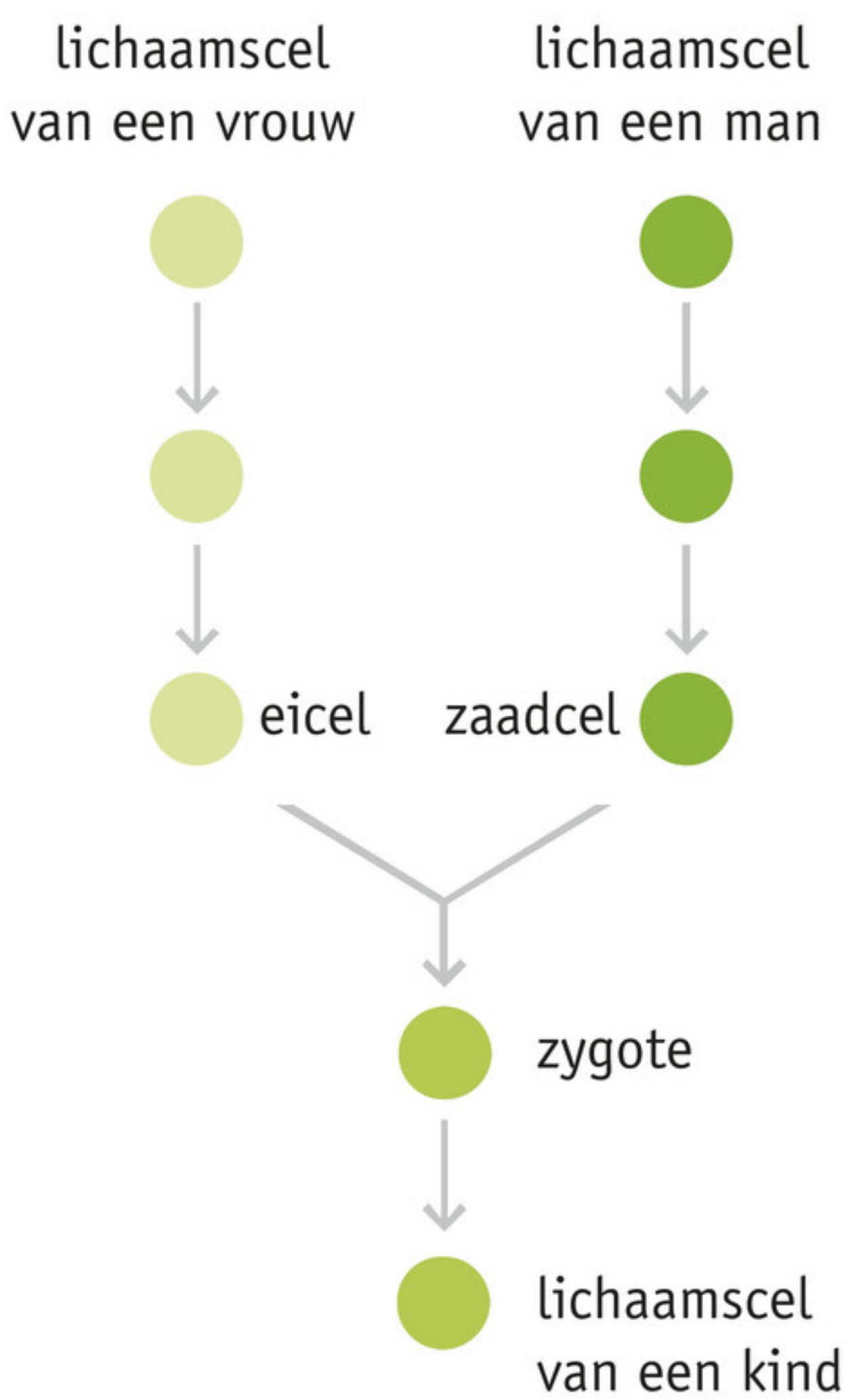
Elke eicel is omgeven door een blaasje. Het blaasje met de eicel heet **follikel**. Vanaf de puberteit ontwikkelen deze follikels zich verder. De follikel groeit en neemt vocht op (zie afbeelding 25). Op dat moment gaat de eicel verder met de meiose. De eicel, die ondertussen al flink is gegroeid, deelt ongelijk in twee haploïde cellen: een kleine cel met vrijwel geen celplasma (het poollichaampje) en een grote eicel. De follikel is nu groot en puilt uit de eierstok. Nadat de follikel openbarst, verlaat de eicel de eierstok. Dit heet **ovulatie** (eisprong). De eicel komt in het trechtervormige uiteinde van de eileider. Bewegingen van trilharen en spierbewegingen van de eileider vervoeren de eicel in de richting van de baarmoeder. De eicel bevindt zich nu halverwege meiose II.

Na de ovulatie blijven eicellen 12 tot 24 uur in leven. Als in deze periode geen bevruchting plaatsvindt, sterft de eicel af. Als er wel een zaadcel binnendringt, wordt meiose II afgerond.

▼ **Afb. 25** Het vrouwelijk voortplantingsstelsel.



▼ **Afb. 26** Voortplanting bij de mens (schematisch).



opdrachten

- 16 In afbeelding 26 is de voortplanting bij de mens schematisch weergegeven. Elke cirkel stelt een cel voor.
- a Neem de afbeelding over en noteer de namen bij de juiste pijlen. Kies uit: *bevruchting* – *meiose I* (2×) – *meiose II* (2×) – *mitose*.
 - b Noteer in elke cel of deze 23 (*n*) chromosomen bevat of 46 (*2n*).
 - c Noteer bij elke cel of deze diploïd is of haploïd.
- 17 Hoewel er organismen bestaan met heel grote aantallen chromosomen, ligt voor de meeste organismen dit aantal toch ruim onder de honderd (zie afbeelding 27).

▼ **Afb. 27** Het aantal chromosomen per cel bij verschillende soorten.

Soort	Aantal chromosomen per celkern
Fruitvlieg	8
Erwt	14
Rijst	24
Gist	32
Kat	38
Mens	46
Chimpansee	48
Gorilla	48
Olifant	56
Rund	60
Ezel	62
Paard	64
Hond	78
Heremietkreeft	254

- a Hoeveel chromosomen bevat een cel in de huid van een mens?
- b Hoeveel chromosomen bevat een zaadcel van een mens?
- c Een bepaalde cel van een huiskat bevat 19 chromosomen. Is deze cel een lichaamscel of een geslachtscel? Leg je antwoord uit.
- d Een onderzoeker bekijkt weefsel van een paard. Hij ontdekt dat in het weefsel cellen met 32 chromosomen voorkomen. Kan dit weefsel afkomstig zijn van de lever van het paard? Leg je antwoord uit.
- e Beredeneer aan de hand van afbeelding 27 of het aantal chromosomen per celkern gerelateerd is aan intelligentie.
- f Dieren die aan elkaar verwant zijn, hebben een gemeenschappelijke voorouder. Zou er op basis van afbeelding 27 een relatie kunnen zijn tussen het chromosoomaantal en verwantschap? Leg je antwoord uit.

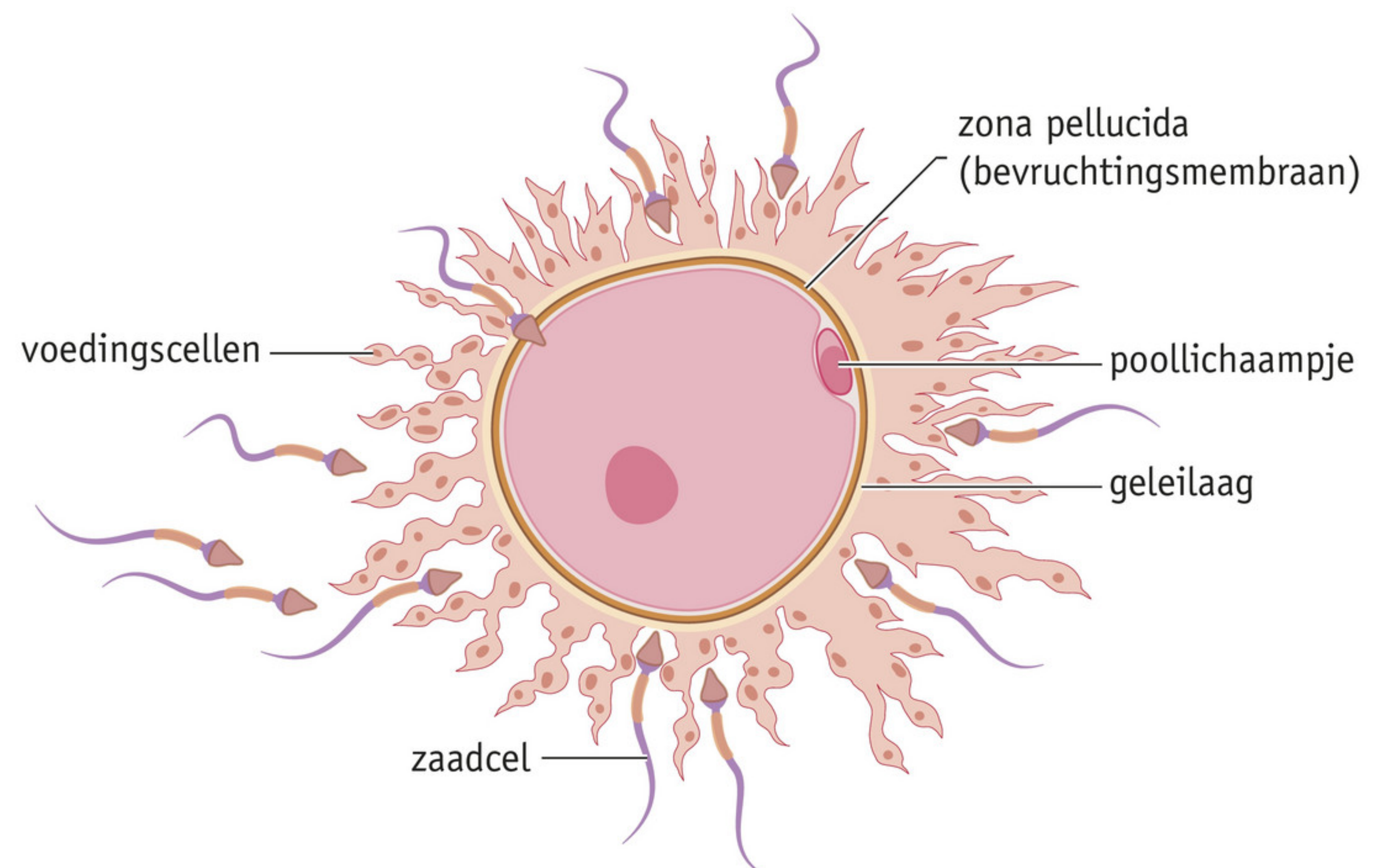
BEVRUCHTING

De vagina is geen geschikte omgeving voor zaadcellen. Hoewel het licht basische spermavocht de zaadcellen enigszins beschermt, gaan er veel dood. Toch lukt het vaak een deel van de zaadcellen om de baarmoedermond te bereiken en vandaar via de baarmoeder naar de eileiders te zwemmen. Als in een eileider een eikel aanwezig is, kan bevruchting plaatsvinden.

De eikel is omgeven door voedingscellen, een geleachtige laag en een laag die de zona pellucida heet (zie afbeelding 28). Eiwitten uit de kop van de zaadcel maken een gat in de geleilaag. De kop van de zaadcel bindt aan het celmembraan van de eikel en de kern van de zaadcel komt in het celplasma van de eikel. Nu vindt bevruchting plaats.

Nadat de zaadcel is binnengedrongen, wordt de zona pellucida ondoordringbaar voor andere zaadcellen. Deze ondoordringbare laag noem je het bevruchtingsmembraan. Dit membraan voorkomt dat meerdere zaadcellen een eikel bevruchten.

► **Afb. 28** Bevruchting bij de mens.



opdrachten

- 18 Noteer twee bedreigingen of problemen die zaadcellen (kunnen) tegenkomen tijdens hun reis naar een eikel.
- 19 Polyspermie is het binnendringen van een eikel door meerdere zaadcellen. Wat zijn de gevolgen van polyspermie bij de mens?

CONTEXT

Leefwereld

- ▼ **Afb. 29** Een kruising tussen een zebra en een paard.



Vreemde kruisingen

Een ezelin kan drachtig worden van een paard. Er ontstaat dan een muilezel. Omgekeerd kan een merrie (vrouwelijk paard) drachtig worden van een mannetjesezel. Deze nakomeling heet muildier. Muildieren en muilezels zijn niet vruchtbaar. Als oorzaak voor de onvruchtbaarheid wordt meestal verwezen naar het aantal chromosomen.

In safaripark Holte-Stukenbrock in Duitsland heeft begin deze eeuw een zebra een jong gekregen van een paard (zie afbeelding 29). De zebra werd bevrucht tijdens een uitstapje naar een ranch in Italië waar behalve zebra's ook een handvol paarden rondliep.

Kruisingen tussen soorten leiden tot geen of onvruchtbare nakomelingen doordat de chromosomen niet compatibel zijn. Ook andere mechanismen zorgen daarvoor, bijvoorbeeld doordat het eiwit in de geleilaag om de eicel tussen beide soorten verschilt.

opdracht

- 20 a** Zie afbeelding 27.
Welk aantal chromosomen verwacht je in cellen van een muilezel en een muildier aan te treffen? Leg je antwoord uit.
- b** Tijdens welke fase van de meiose treedt er bij muilezels en muildieren een probleem op in verband met het aantal chromosomen in de cellen? Leg je antwoord uit.
- c** De kruising van een paard met een zebra heeft een opvallend vachtpatroon (zie afbeelding 29).
Leg uit of dit kan komen doordat in de cellen van de kop en het achterlijf alleen chromosomen van de ezel zitten, terwijl in de cellen van de borst en voorpoten alleen chromosomen van het paard zitten.
- d** In de Verenigde Staten heeft men voor de vleesindustrie een bizon met een koe gekruist: de beefaloo. Het vlees zou beter zijn.
Bevatten zaadcellen van een stier eiwitten om de geleimantel van de eicellen van een vrouwelijke bizon te breken? Leg je antwoord uit.

Leerdoelen

- Je herkent de werking van hormonen bij de voortplanting van de mens.

3 Hormonen

Tijdens de puberteit gieren de hormonen door je lijf. Dat kan zorgen voor vlinders in je buik, maar het kan ook een prikkelbaar gevoel geven of agressief gedrag veroorzaken.

GESLACHTSHORMONEN

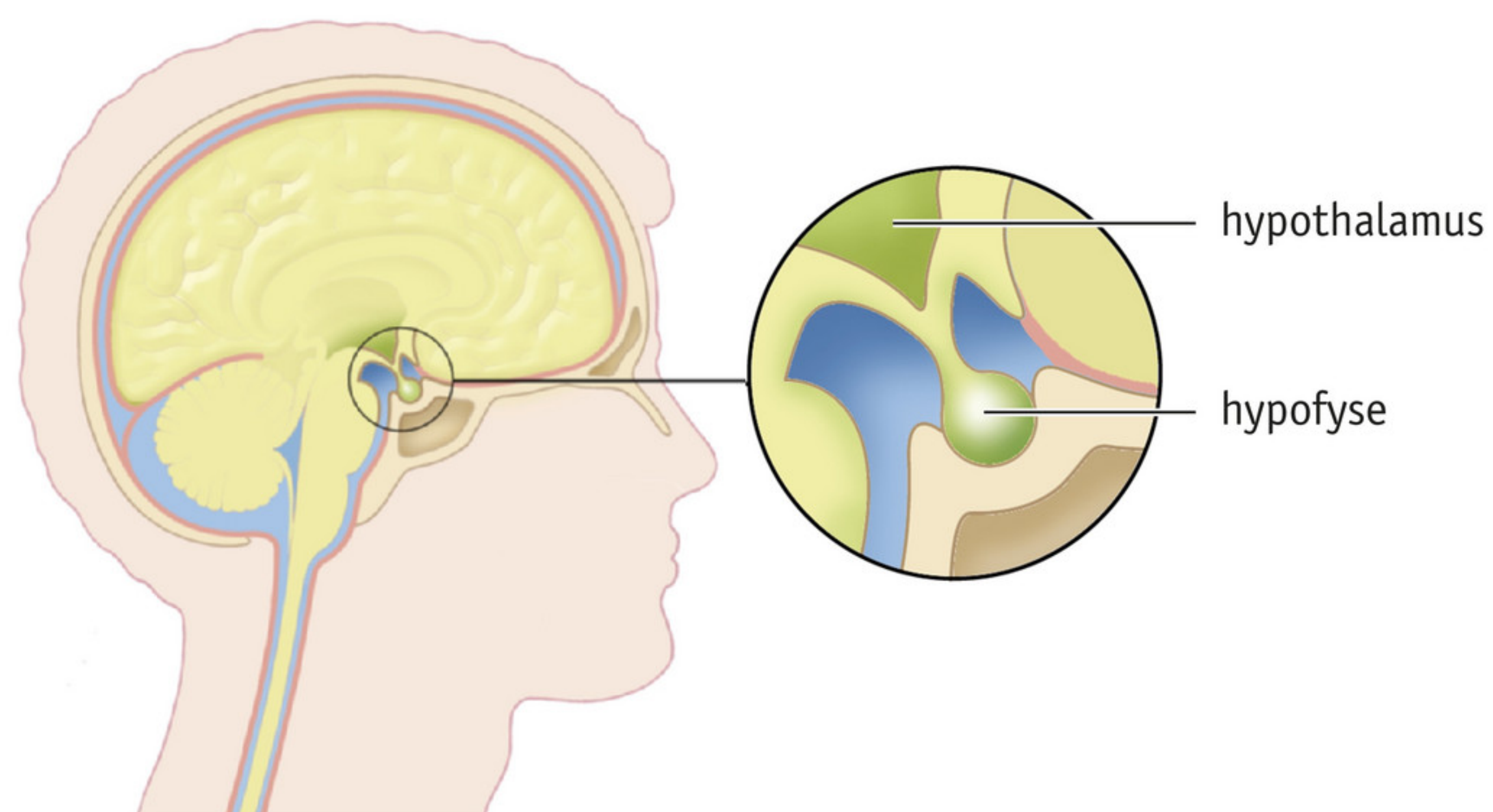
Hormoonklieren geven sappen af aan het bloed. Deze **hormonen** zijn signaalstoffen die de werking van het lichaam regelen. **Geslachtshormonen** regelen verschillende aspecten van de voortplanting. Ze zorgen bijvoorbeeld voor het ontstaan van secundaire geslachtskenmerken, stimuleren de productie van zaadcellen en regelen de menstruatiecyclus. Ook hebben ze invloed op hoe iemand zich voelt.

Bij mannen is de concentratie geslachtshormonen vanaf hun puberteit vrij constant. Bij vrouwen verandert de concentratie van verschillende hormonen tijdens de menstruatie, rond de eisprong, tijdens de zwangerschap, na een bevalling en tijdens de overgang. Sommige vrouwen hebben erg veel last van de wisselende concentraties hormonen. Ze kunnen allerlei klachten hebben, zoals pijnlijke borsten of een opgeblazen gevoel, en zich prikkelbaar, depressief of zelfs agressief voelen. Wanneer deze klachten regelmatig in de dagen voor de menstruatie optreden, kan een vrouw PMS (premenstrueel syndroom) hebben.

HYPOFYSE EN HYPOTHALAMUS

De **hypofyse** is een hormoonklier die ongeveer in het midden van je hoofd ligt, direct onder de hersenen (zie afbeelding 30). De hypofyse geeft onder andere stimulerende hormonen af die andere hormoonklieren beïnvloeden. In de puberteit maakt het lichaam zich klaar voor voortplanting en gaat de hypofyse geslachtshormonen maken.

► **Afb. 30** Overzicht hypofyse en hypothalamus in de hersenen.



Bij veel hormonen die de hypofyse afgeeft, speelt de **hypothalamus** een belangrijke rol. De hypothalamus is een deel van de hersenen dat direct boven de hypofyse ligt. Hij werkt als een regelcentrum. De hypothalamus geeft hormonen af die de hypofyse stimuleren om bepaalde hormonen te maken, zoals het **follikelstimulerend hormoon (FSH)** en het **luteïniserend hormoon (LH)**. Bij de voortplanting spelen deze twee hormonen een grote rol. Ze regelen onder andere de productie van geslachtshormonen in de teelballen en de eierstokken.

REGELING BIJ DE MAN

Tijdens de puberteit komt bij jongens de productie van zaadcellen op gang. Onder invloed van het hormoon GnRH (gonadotropine releasing hormoon) uit de hypothalamus maakt de hypofyse de hormonen FSH en LH:

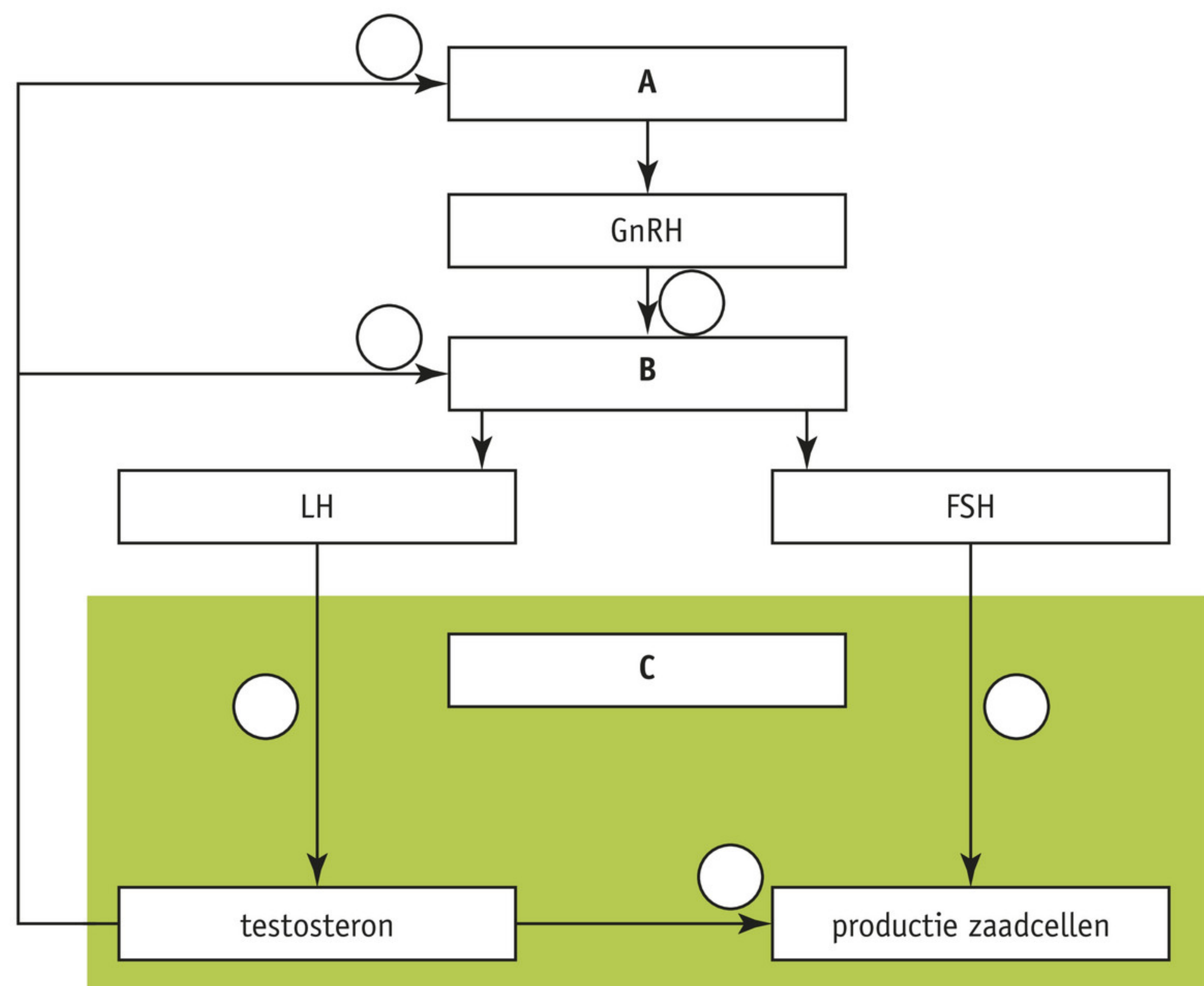
- FSH stimuleert de vorming van zaadcellen in de wand van de zaadbuisjes;
- LH stimuleert cellen in de teelballen om testosteron te produceren.

Tijdens de puberteit stijgt de concentratie van het geslachtshormoon **testosteron**, waardoor de secundaire geslachtskenmerken ontstaan. Testosteron stimuleert ook de productie van zaadcellen. Bij een bepaalde testosteronconcentratie remt testosteron de aanmaak van GnRH, FSH en LH. Hierdoor daalt de testosteronconcentratie in het bloed.

opdracht

- 21 In afbeelding 31 is de hormonale regeling van de teelballen schematisch weergegeven.

► **Afb. 31** Hormonale regeling van de teelballen (schematisch).



In het schema zijn de namen van organen vervangen door de letters A, B en C en staan er bij de pijlen rondjes. Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 89C). Let op: ICSH is een andere naam voor LH.

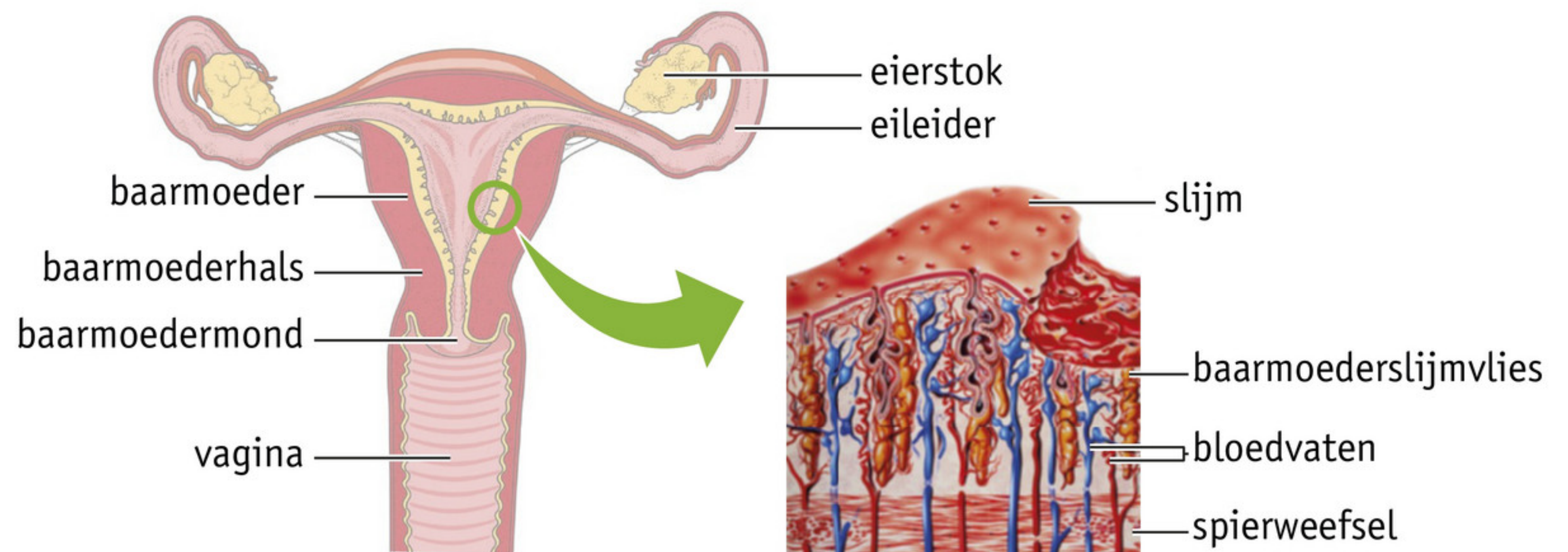
- Neem het schema over en vervang de letters A, B en C door de namen van organen.
- Noteer in de rondjes bij de pijlen een '+' als het hormoon een proces stimuleert en een '-' als het hormoon een proces remt.

REGELING BIJ DE VROUW

Tijdens de puberteit krijgen meisjes hun eerste menstruatie (ongesteldheid). Kenmerkend voor de menstruatie is bloedverlies dat ongeveer maandelijks optreedt. De binnenkant van de baarmoeder is bekleed met een slijmvlies: het baarmoederslijmvlies.

De baarmoeder bestaat verder uit spierweefsel (zie afbeelding 32). In het baarmoederslijmvlies bevinden zich veel kleine bloedvaatjes. Tijdens de menstruatie wordt een deel van het baarmoederslijmvlies afgestoten. Hierbij gaat een aantal bloedvaatjes stuk, waardoor bloedverlies optreedt.

► **Afb. 32** De baarmoeder.



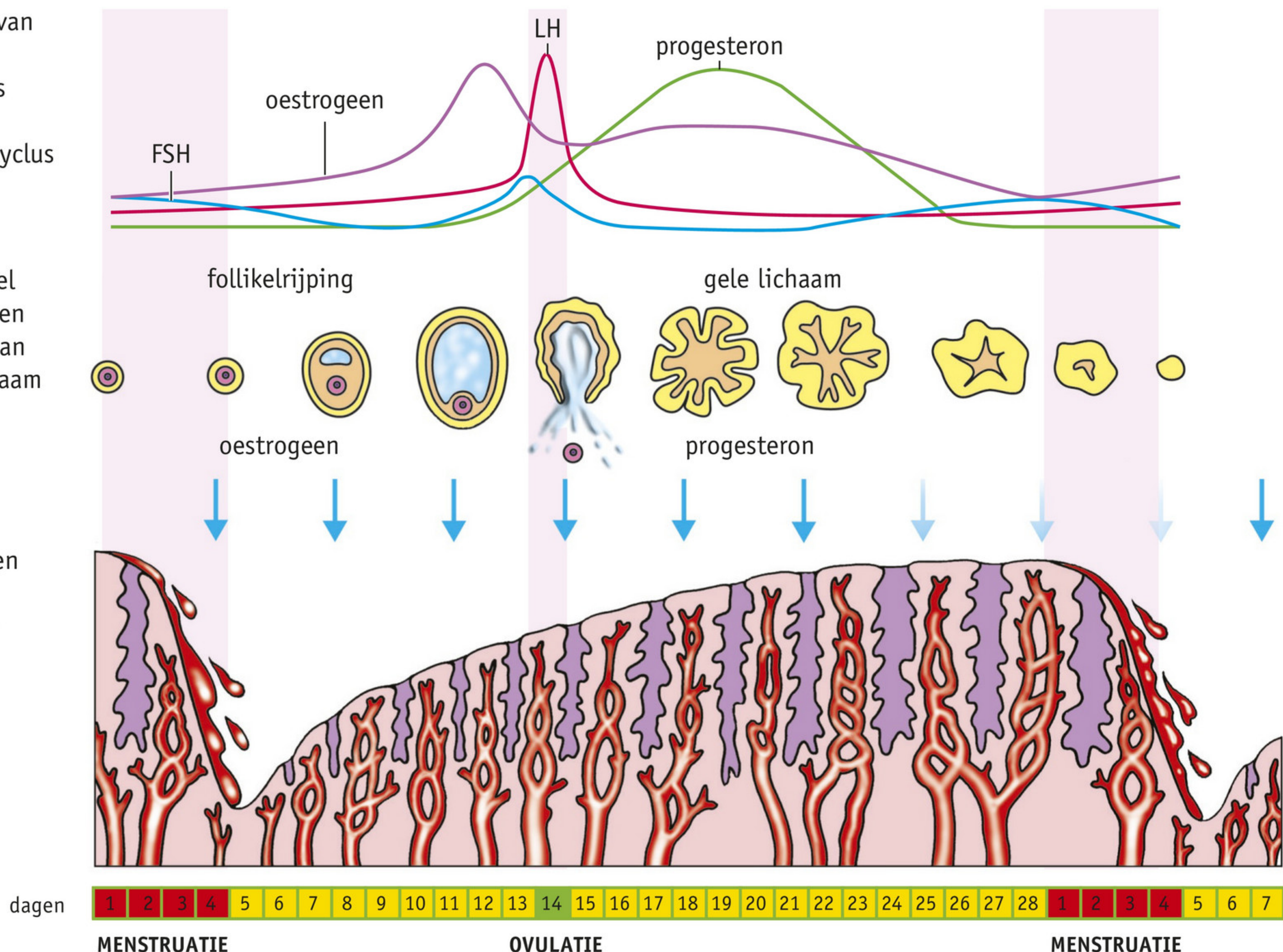
Elke maand wordt het baarmoederslijmvlies opgebouwd en weer afgestoten, tenminste als een vrouw niet zwanger raakt. Deze **menstruatiecyclus** duurt gemiddeld 28 dagen (zie afbeelding 33).

▼ **Afb. 33** Het verband tussen de hormonen, processen in een eierstok en het baarmoederslijmvlies (schematisch).

verandering van de hormoonconcentraties tijdens de menstruatiecyclus

rijping follikel en ontstaan en verdwijnen van het gele lichaam

veranderingen van het baarmoederslijmvlies



De eerste dag van de menstruatie is het begin van de menstruatiecyclus. De eerste twaalf dagen van de menstruatiecyclus produceert de hypofyse FSH en LH. FSH stimuleert de rijping van follikels in de eierstokken. Onder invloed van FSH en LH produceren cellen uit de wand van de rijpende follikels **oestrogenen**.

Oestrogenen zijn geslachtshormonen die er onder andere voor zorgen dat het baarmoederslijmvlies dikker wordt en meer klieren gaat bevatten. Zo wordt de baarmoeder voorbereid op de innesteling van een embryo.

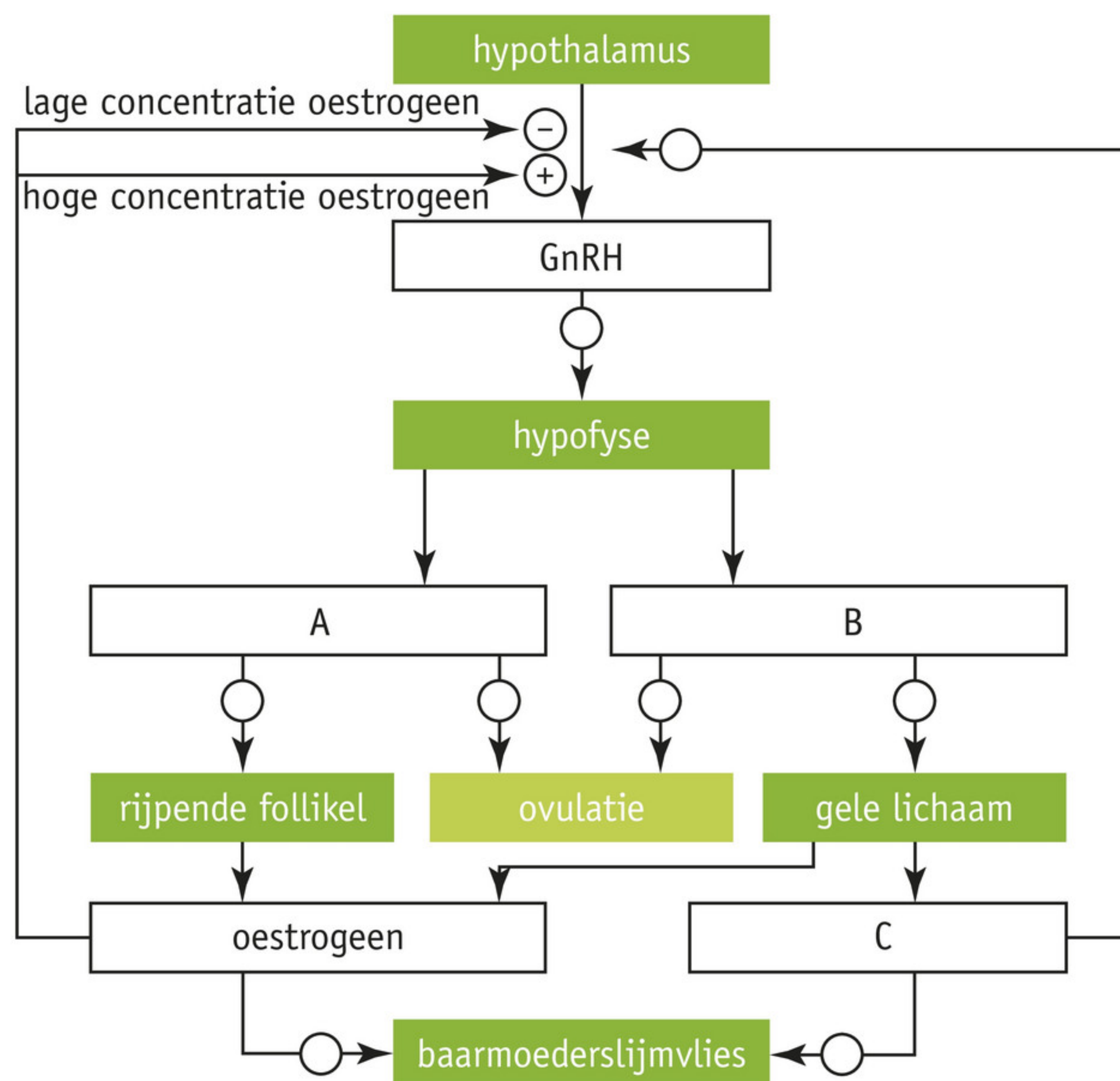
In de eierstokken rijpt een van de follikels het snelst. De follikels die minder snel rijpen, sterven af. De productie van oestrogenen door de rijpende follikel bereikt een hoogtepunt. Dit stimuleert de hypofyse om veel LH af te geven. De hoge concentratie LH in het bloed stimuleert de opname van vocht door de rijpende follikel. Daardoor barst de follikel open en komt een eikel vrij: dit is de ovulatie. Er zijn nu twee mogelijkheden: er vindt wel of geen bevruchting plaats. Als er binnen een dag geen bevruchting plaatsvindt, sterft de eikel af en verdwijnt.

Na de ovulatie stimuleert LH de vorming van het **gele lichaam** uit het achtergebleven follikelweefsel. LH stimuleert ook de productie van oestrogeen en progesteron door het gele lichaam. Door het geslachtshormoon **progesteron** wordt het baarmoederslijmvlies nog dikker. Progesteron remt de afgifte van FSH en LH door de hypofyse. Door gebrek aan LH wordt het gele lichaam kleiner en verdwijnt uiteindelijk. Door het kleiner worden van het gele lichaam daalt ook de concentratie progesteron in het bloed. Het baarmoederslijmvlies wordt dan niet meer in stand gehouden en de menstruatie komt op gang.

opdrachten

- 22** In afbeelding 34 is de hormonale regeling van de menstruatiecyclus schematisch weergegeven. In het schema ontbreken drie hormonen en op sommige plaatsen staan in de pijlen rondjes.
- Neem het schema over en vervang de letters A, B en C door de namen van de hormonen.
 - Noteer in de rondjes een '+' als het hormoon een proces stimuleert en een '-' als het hormoon een proces remt.

► **Afb. 34** De hormonale regeling van de menstruatiecyclus (schematisch).



23 Een vrouw heeft in haar agenda aangegeven wanneer ze de laatste keer menstrueerde (zie afbeelding 35). Ze menstrueert erg regelmatig, om de vier weken.

► Afb. 35 Pagina uit agenda.

J A A R K A L E N D E R																
	JANUARI					FEBRUARI					MAART					
week	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14
ma		5	12	19	26		2	9	16	23		2	9	16	23	30
di		6	13	20	27		3	10	17	24		3	10	17	24	31
wo		7	14	21	28		4	11	18	25		4	11	18	25	
do	1	8	15	22	29		5	12	19	26		5	12	19	26	
vr	2	9	16	23	30		6	13	20	27		6	13	20	27	
za	3	10	17	24	31		7	14	21	28		7	14	21	28	
zo	4	11	18	25		1	8	15	22		1	8	15	22	29	

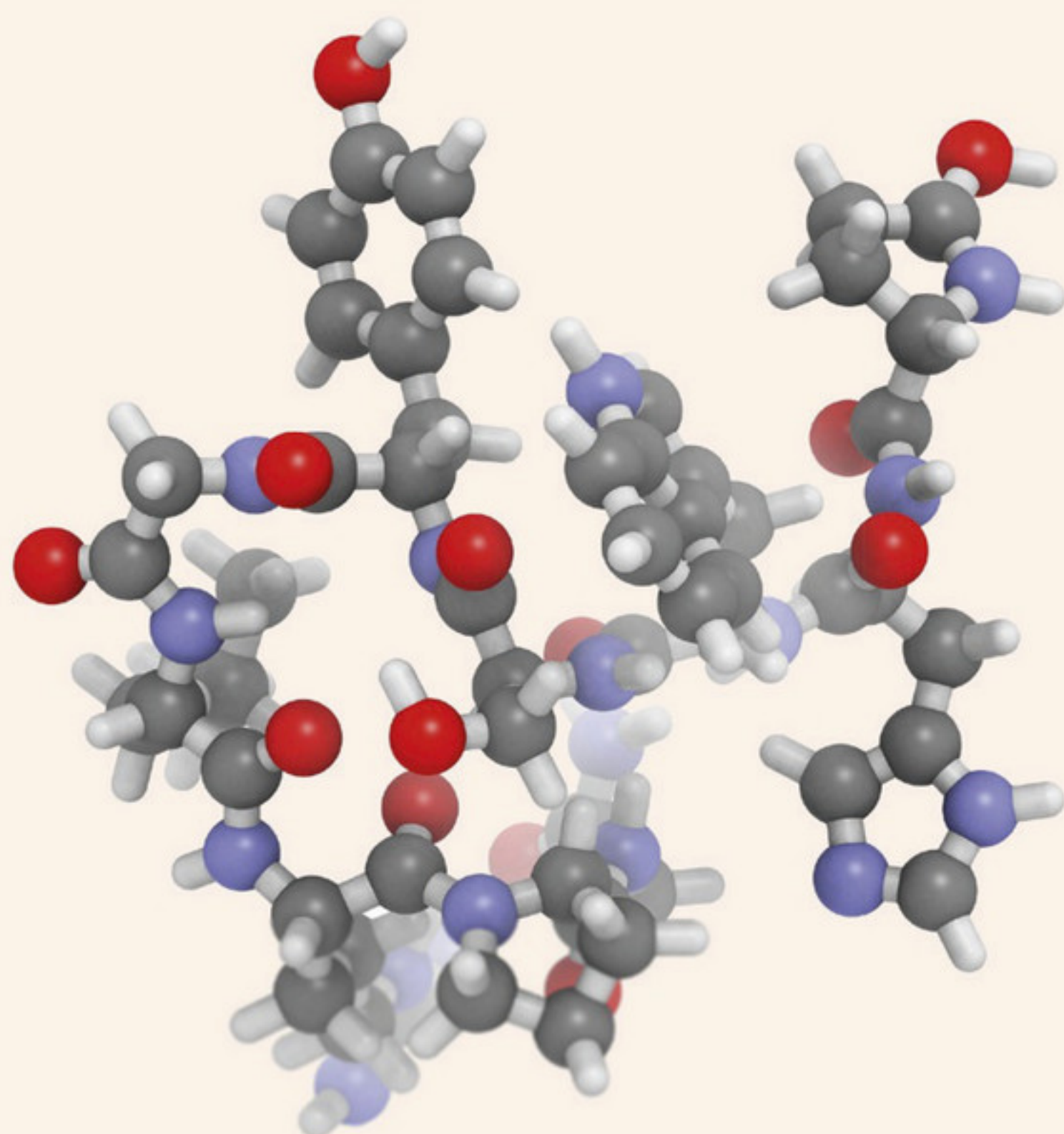
Deze vrouw wil graag zwanger worden.

- a Op welke dagen is de kans het grootst dat geslachtsgemeenschap leidt tot zwangerschap? Leg je antwoord uit.
- b Welke veranderingen in de eierstokken vinden er bij deze vrouw plaats in week 4 (19 tot en met 25 januari)?
- c Drie dagen in de menstruatiecyclus van deze vrouw zijn 18, 25 en 31 januari. Deze vrouw raakt niet zwanger.
Op welke van deze dagen is dan de concentratie progesteron in het bloed het hoogst? Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 86C).
- d Waarom is het van belang dat er tijdens een zwangerschap geen menstruatie plaatsvindt?

CONTEXT

Wetenschap

▼ Afb. 36 Chemische structuur van het hormoon GnRH.



Geen puberteit

Mensen met de ziekte IHH (idiopathisch hypogonadotroop hypogonadisme) komen niet in de puberteit. Ze krijgen geen secundaire geslachtskenmerken en zijn onvruchtbaar. Bij een deel van deze patiënten is de oorzaak een mutatie in het gen dat verantwoordelijk is voor het receptoreiwit van het hormoon GnRH (zie afbeelding 36). GnRH-receptoreiwitten bevinden zich in celmembranen. Als GnRH bindt aan het receptoreiwit, vindt in de cel een reactie plaats. Daardoor geeft de cel hormonen af. Bij IHH-patiënten bindt, door de mutatie, GnRH niet of minder goed aan het eiwit. IHH is tegenwoordig goed te behandelen met onder andere hormonen.

opdrachten

- 24 In welk orgaan bevinden zich cellen met veel GnRH-receptoreiwitten in het celmembraan?
- 25 Meisjes met IHH hebben in hun bloed een erg lage oestrogeenconcentratie. Leg uit hoe IHH een lage oestrogeenconcentratie veroorzaakt.

Leerdoelen

- Je kunt de ontwikkeling van zygote tot volgroeide baby beschrijven.
- Je kunt fasen van de geboorte toelichten.

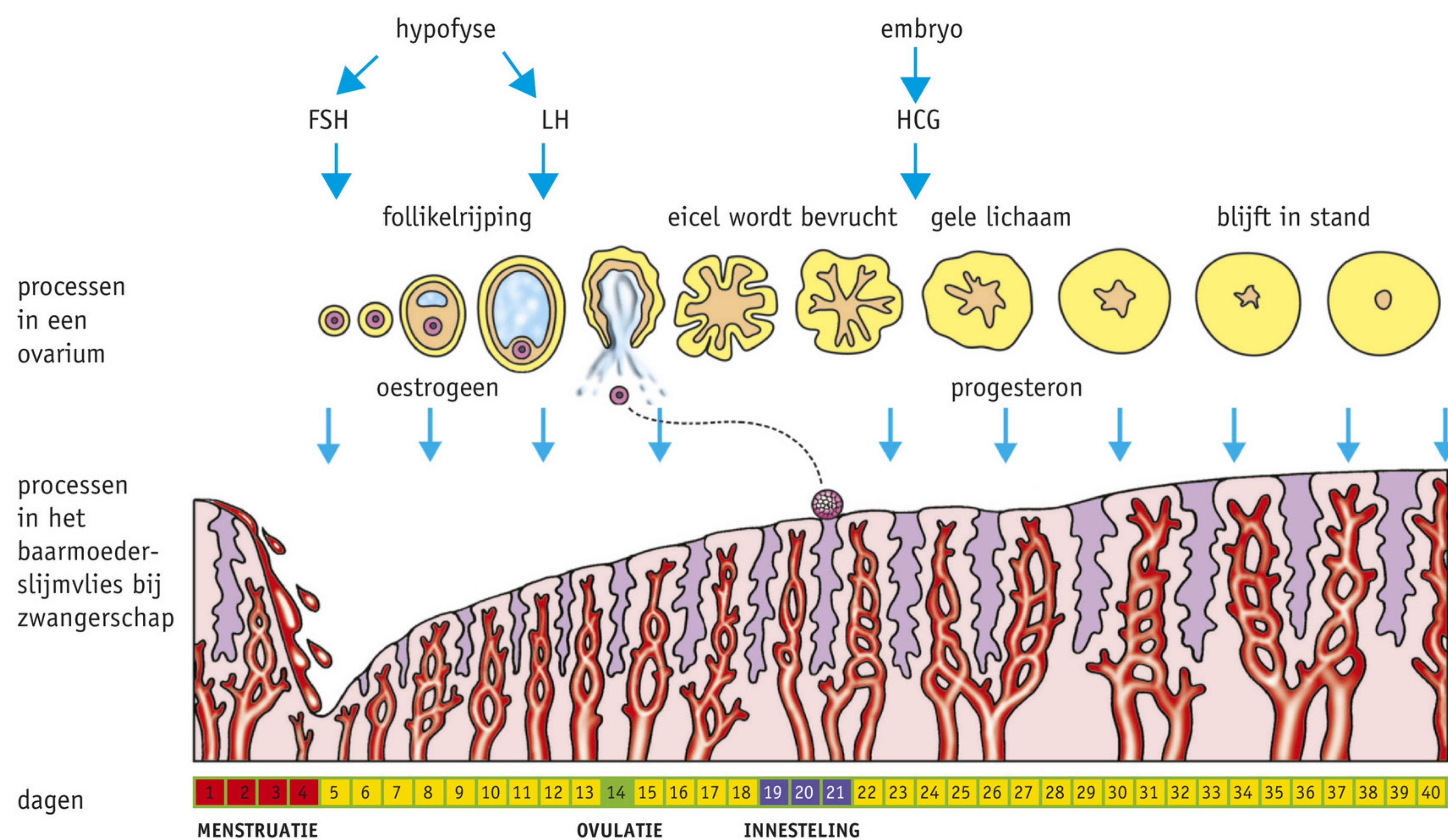
4 Zwanger

De bevruchting van een eikel is gelukt. Een klompje cellen is op weg naar de baarmoeder, waar het zich zal innestelen in het baarmoederslijmvlies. Als alles goed gaat, wordt ongeveer negen maanden later een baby geboren.

HCG

Na een bevruchting produceert het gele lichaam nog drie maanden progesteron onder invloed van het hormoon **HCG**. HCG is een afkorting van **humaan choriogonadotropine**. Dit hormoon wordt in de eerste weken na de bevruchting door het 'kind' gevormd. Na drie maanden vergaat het gele lichaam. In de periode daarna wordt HCG door de placenta gevormd. De placenta neemt dan de progesteronproductie over. Progesteron houdt de zwangerschap in stand. Door progesteron blijft het baarmoederslijmvlies dik en klierrijk. Er treedt geen menstruatie op (zie afbeelding 37). Progesteron remt de afgifte van FSH en LH door de hypofyse. Hierdoor komen er in de eierstokken geen nieuwe follikels tot rijping en treedt er geen ovulatie op. Ten slotte zorgt progesteron ervoor dat de melkklieren in de borsten zich gaan ontwikkelen.

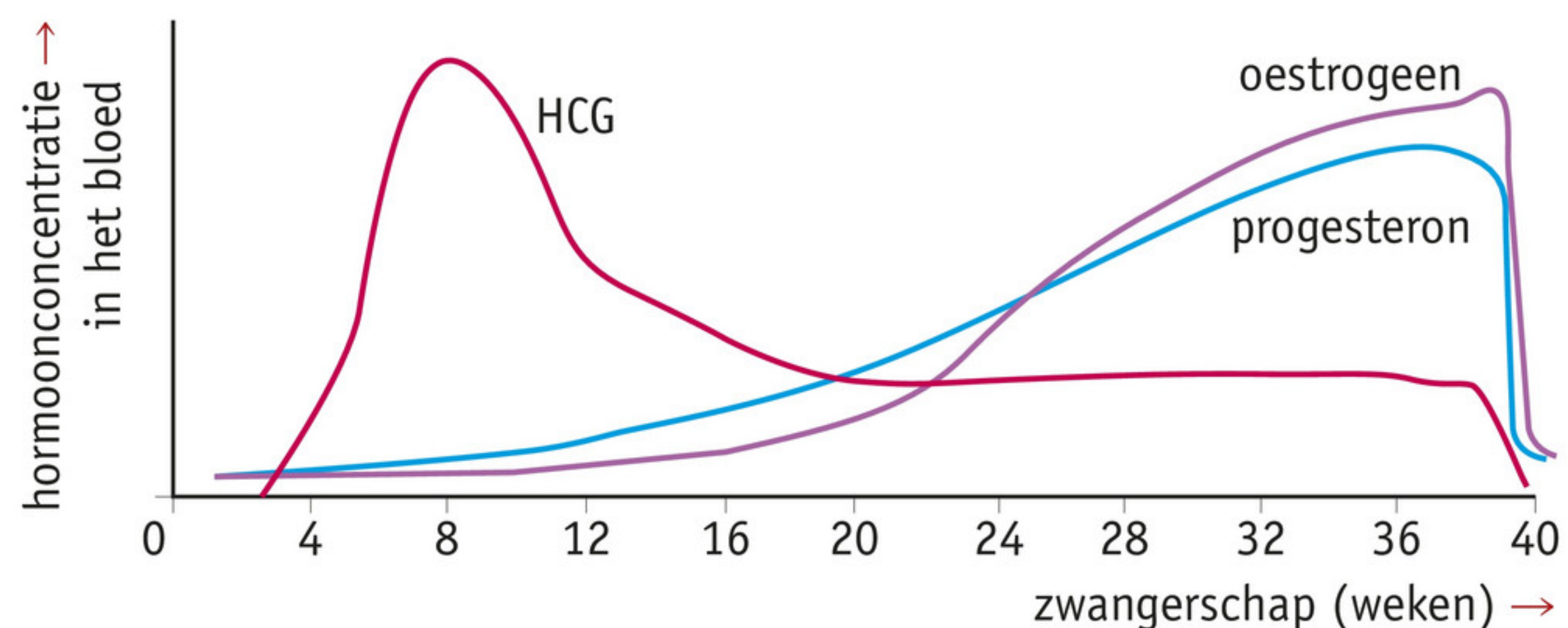
▼ **Afb. 37** Het verband tussen de hormonen, processen in een eierstok en het baarmoederslijmvlies (schematisch).



opdrachten

- 26 Wat is het effect van HCG op de concentratie van progesteron door het gele lichaam?
- 27 Moeders voor Moeders is een onderdeel van een bedrijf dat geneesmiddelen produceert. Het bedrijf wint uit de urine van zwangere vrouwen een hormoon dat kan worden gebruikt voor de behandeling van bepaalde vormen van onvruchtbaarheid.
- Welk hormoon wordt door het bedrijf uit de urine gewonnen?
 - Vrouwen kunnen alleen deelnemen aan Moeders voor Moeders gedurende een bepaalde periode van hun zwangerschap. Leg met behulp van het diagram in afbeelding 38 uit welke periode dit is.

► **Afb. 38** Concentratie hormonen tijdens de zwangerschap.



EMBRYONALE ONTWIKKELING

Gedurende de eerste weken van de ontwikkeling noem je een ongeboren kind **embryo**. Bij zoogdieren zoals de mens, vindt de **embryonale ontwikkeling** van een kind in het lichaam van de moeder plaats. De moeder voorziet het zich ontwikkelende kind van voedingsstoffen en voert afvalstoffen af.

Na de bevruchting deelt de bevruchte eicel of zygote zich binnen het bevruchtingsmembraan. Tijdens de delingen die in de eileider plaatsvinden, groeien de cellen die ontstaan niet. De cellen worden na elke deling kleiner. Deze eerste delingen heten **klievingsdelingen**.

Het klompje cellen nestelt in het baarmoederslijmvlies nadat het in de baarmoeder is aangekomen. De cellen delen en groeien. Vanuit het baarmoederslijmvlies ontwikkelt de **placenta** zich. De placenta is het orgaan waar uitwisseling van stoffen tussen het bloed van de moeder en het bloed van het embryo plaatsvindt. Vanuit het embryo groeien bloedvaten naar de placenta en vormen de **navelstreng**. In de placenta vertakken de bloedvaten zich tot uiterst dunne haarvaten. Hier vindt uitwisseling van stoffen plaats tussen het bloed van de moeder en het bloed van het kind door middel van diffusie en actief transport. De stoffen die worden opgenomen en afgegeven, passeren daarbij membranen die het bloed van de moeder en het kind gescheiden houden.

Vanuit het moederbloed worden zuurstof en voedingsstoffen (zoals glucose) opgenomen in het embryonale bloed. Koolstofdioxide en andere afvalstoffen worden door het embryonale bloed afgegeven aan het moederbloed. Ziekteverwekkers zoals het rodehondvirus, hiv en de bacterie die syfilis veroorzaakt, kunnen de membranen ook passeren. Ook voor stoffen die schadelijk zijn voor de ontwikkeling van het embryo, zoals sommige geneesmiddelen, alcohol, nicotine en drugs, vormen de membranen geen barrière. Vrouwen die tijdens de zwangerschap roken, brengen gemiddeld kleinere kinderen ter wereld.

▼ **Afb. 39** Foetus, twaalf weken oud.



dan vrouwen die niet roken. Ook hormonen die vrijkomen bij stress bij de moeder kunnen een negatieve invloed hebben op de ontwikkeling van het kind. Verder komen sommige antistoffen tegen ziekteverwekkers vanuit het moederbloed in het embryonale bloed terecht.

Het embryo is omgeven met vocht: het **vruchtwater**. De vruchtvliezen omsluiten het embryo en het vruchtwater. Het vruchtwater beschermt het embryo tegen schokken en tegen uitdroging. Bovendien kan het embryo zich in het vruchtwater gemakkelijk bewegen.

Vanaf de achtste week na de bevruchting noem je het ongeboren kind een **foetus**. Bijna alle weefsels zijn dan gevormd en de organen zijn in aanleg aanwezig. De foetus lijkt dan al enigszins op een mens (zie afbeelding 39) en is ongeveer 5 cm lang. Vanaf deze periode vindt vooral groei plaats. Gemiddeld is een baby bij de geboorte ruim 50 cm lang en iets meer dan 3400 g zwaar.

opdrachten

- 28** Hoe heten de celdelingen in de eileider, waarbij geen groei plaatsvindt?
- 29** Wiens chromosomen tref je aan in de cellen van de placenta: van de moeder, van het kind of van allebei?
- 30 a** Wat wordt bedoeld met de uitspraak ‘als een zwangere vrouw drinkt, drinkt de foetus ook’? Leg je antwoord uit.
- b** Alcohol tijdens de zwangerschap kan bij de baby hersenschade veroorzaken. Grotere hoeveelheden alcohol kunnen leiden tot foetaal alcohol syndroom (FAS). Het kind heeft dan uiterlijke afwijkingen en bijvoorbeeld leer- en gedragsproblemen. Welk van de volgende adviezen zou je een aanstaande moeder geven over alcoholgebruik?
- 1 U mag alcohol drinken zodra u bent bevallen.
 - 2 U mag alcohol drinken zodra u geen borstvoeding meer geeft.
- Leg je antwoord uit.

CELDIFFERENTIATIE

Tijdens de embryonale ontwikkeling krijgen weefsels en organen hun vorm. De vorm van cellen verandert, sommige cellen verplaatsen zich, er komen veel nieuwe cellen bij en er sterven cellen af. Hoe cellen zich ontwikkelen, hangt af van hun plaats in het embryo. Cellen beïnvloeden elkaar door het afgeven van stoffen, waardoor de cellen steeds meer verschillen vertonen. Dit noem je **celdifferentiatie**. Alle cellen van een embryo bevatten hetzelfde DNA, maar in elke cel is slechts een deel van het DNA actief. Welke delen actief zijn, hangt samen met de plaats waar de cel zich bevindt. Hierdoor ontstaan uiteindelijk verschillende weefsels. Beïnvloeding door cellen uit de omgeving kan er zelfs toe leiden dat een cel zichzelf laat afsterven.

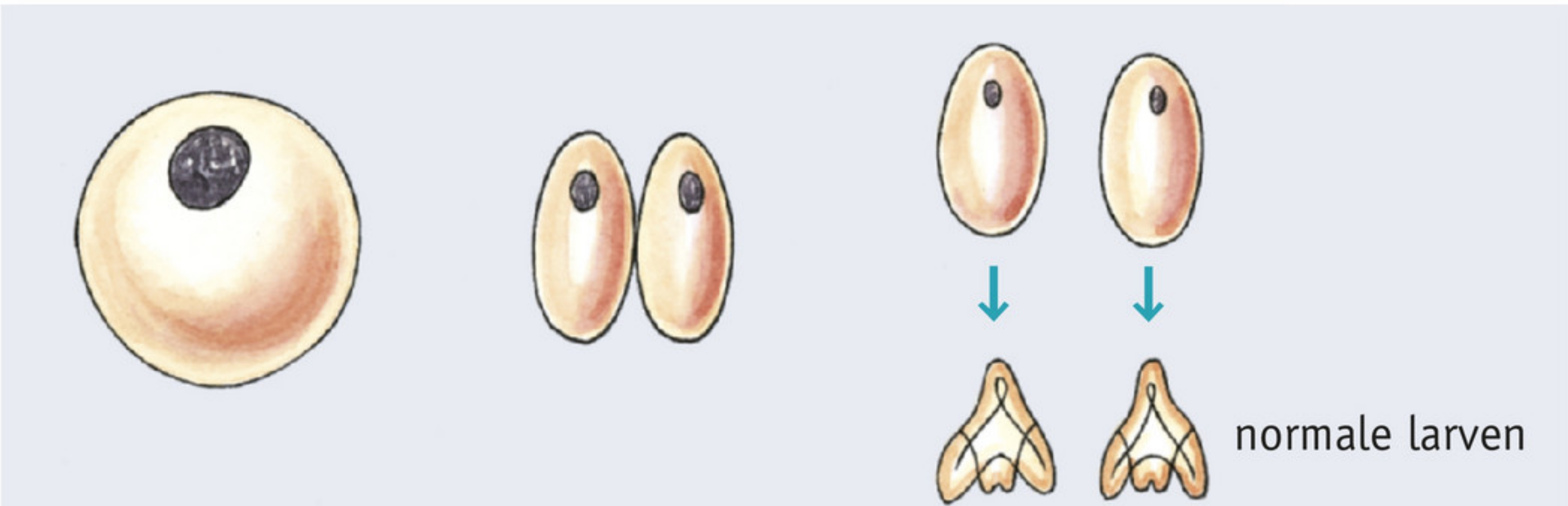
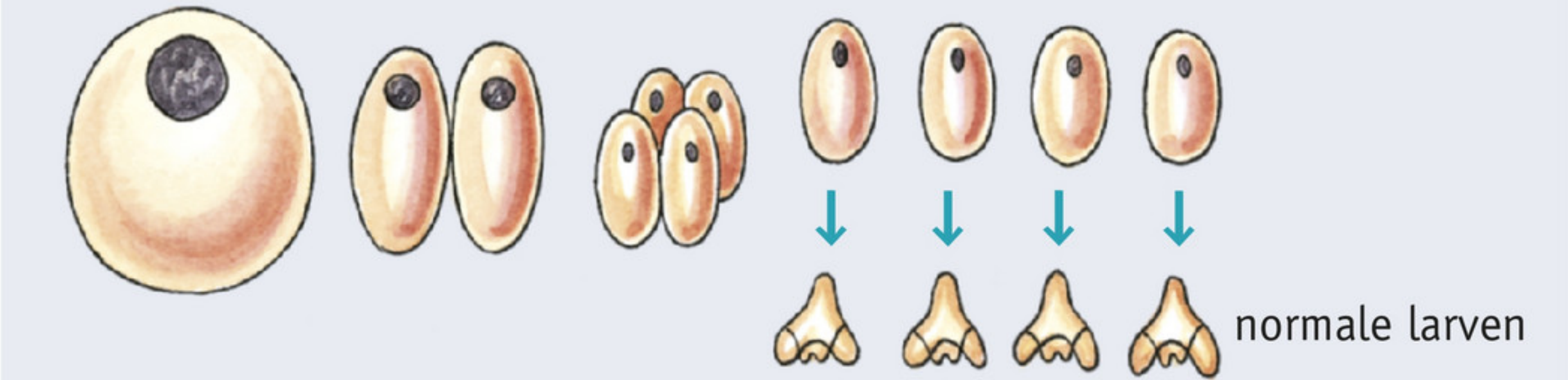
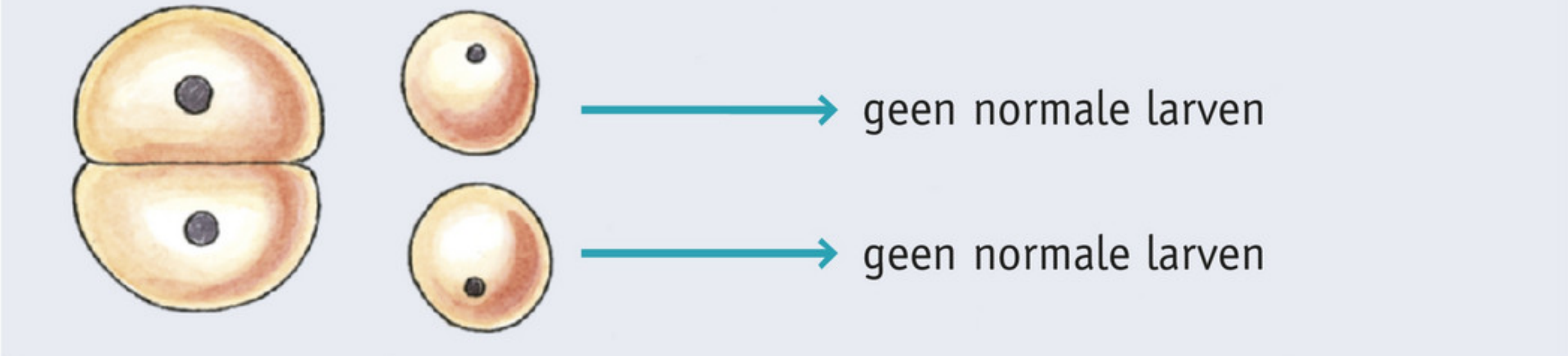
opdrachten

- 31
- a

Als bij een embryo zich de vingers beginnen te ontwikkelen, zitten deze nog met vliezen aan elkaar vast.
Leg uit wat in een later stadium tijdens de ontwikkeling van de vingers zal gebeuren.
- b

Welke twee factoren bepalen dat een cel in de huid van een vinger zich tot huidcel ontwikkelt en niet tot levercel?

▼ Afb. 40

ONDERZOEK		CELDIFFERENTIATIE BIJ ZEE-EGELS
Inleiding	Tijdens de ontwikkeling van een embryo ontstaan verschillende typen cellen uit dezelfde bevruchte eicel. De cellen bevatten allemaal dezelfde erfelijke informatie.	
Onderzoeksvraag	Is er in de bevruchte eicel differentiatie in de verdeling van het celplasma, waardoor tijdens de klievingsdelingen cellen ontstaan met verschillen?	
Hypothese		
Experiment	Bevruchte eicellen van een zee-egel worden na de eerste, tweede en derde klievingsdeling van elkaar gescheiden; een bevruchte eicel wordt loodrecht op de eerste klievingsdeling in tweeën gedeeld. Daarna worden alle cellen apart opgekweekt.	
Resultaat	1 In het tweecellige stadium worden de cellen gescheiden.  2 In het viercellige stadium worden de cellen gescheiden.  3 In het achtcellige stadium worden de cellen gescheiden.  4 De zygote wordt loodrecht op de eerste klievingsrichting in tweeën gedeeld. 	
Conclusie	De hypothese is juist.	

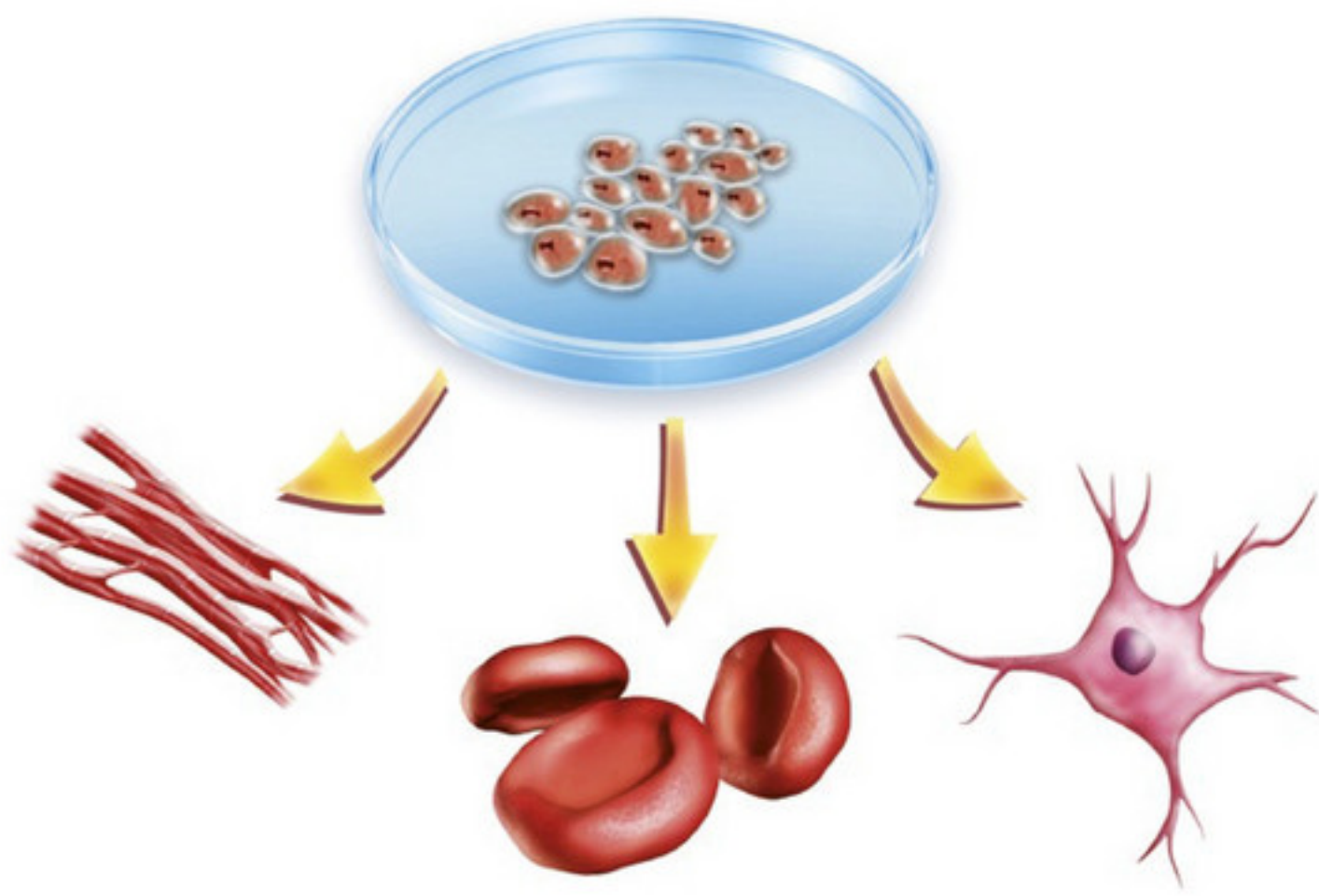
- 32
- a

Tijdens welk stadium vindt in de cellen de eerste differentiatie plaats?
- b

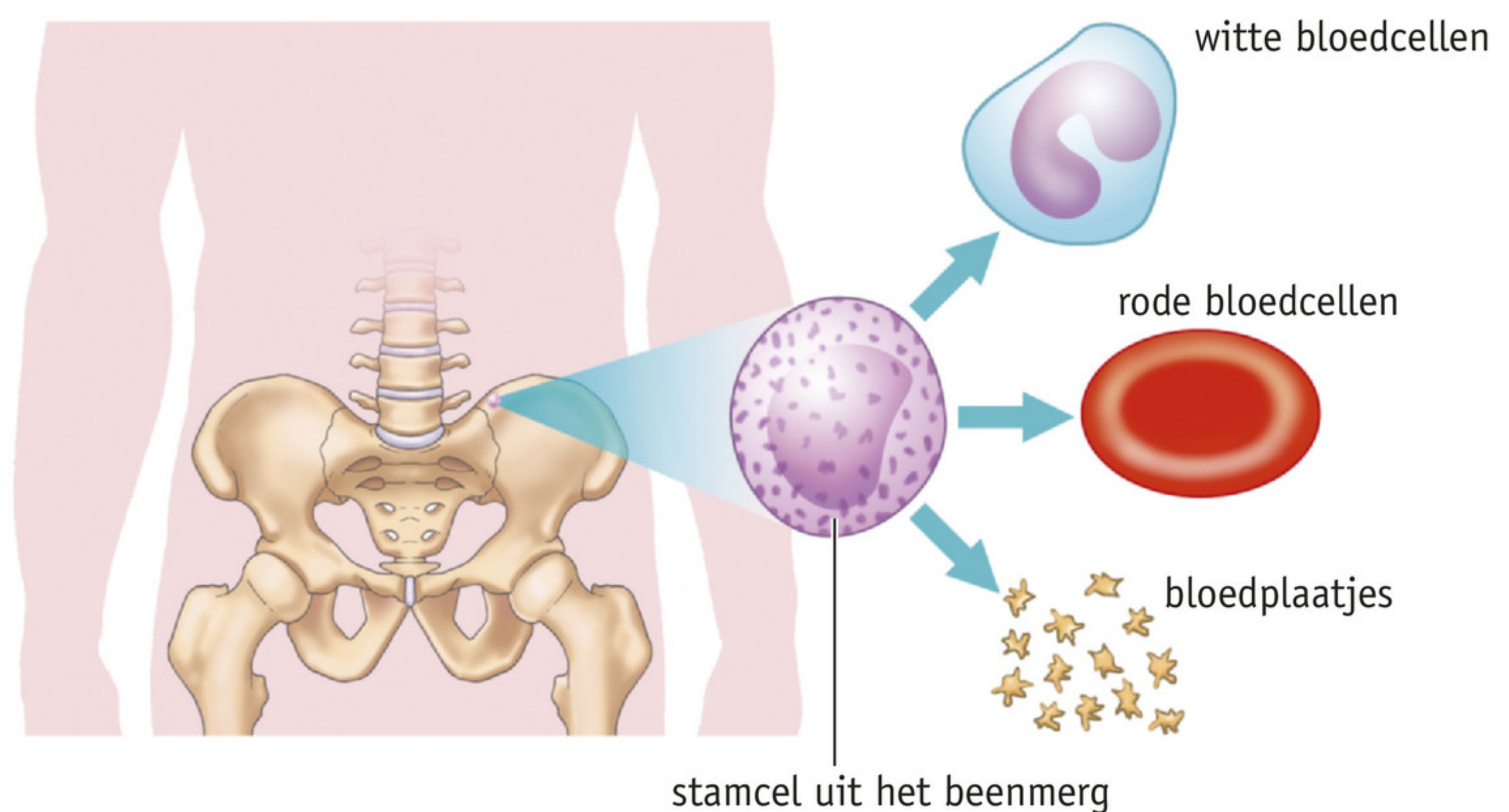
De hypothese is in afbeelding 40 niet ingevuld.
Stel de hypothese op op basis van de gegevens in het onderzoekskader.
- c

Leg uit dat experiment 4 de hypothese bevestigt.

- ▼ **Afb. 41** Uit een embryonale stamcel kunnen allerlei verschillende cellen ontstaan.



- **Afb. 42** Verschillende typen bloedcellen ontstaan uit adulte stamcellen in het beenmerg.



STAMCELLEN

Veel planten en dieren bestaan uit een groot aantal cellen. De meeste cellen zijn sterk gespecialiseerd, zoals zenuwcellen bij mensen. Alle cellen van een organisme zijn ontstaan uit één enkele cel. Bij mensen is dat de bevruchte eicel. Een bevruchte eicel is nog niet gespecialiseerd en kan nog van alles worden. Cellen die nog niet (volledig) zijn gespecialiseerd, heten **stamcellen**. Stamcellen kunnen zich ontwikkelen tot een specifiek **celtype**: cellen met een bepaalde vorm en functie. Stamcellen van een embryo groeien uit tot allerlei verschillende cellen (zie afbeelding 41). Het zijn embryonale stamcellen. Maar ook allerlei organen blijken stamcellen te bevatten. Zo bevat beenmerg stamcellen die kunnen uitgroeien tot verschillende bloedcellen (zie afbeelding 42). Deze stamcellen noem je adulte (volwassen) stamcellen. Adulte stamcellen kunnen beperkt differentiëren in andere celtypen.

Stamceltherapie is een nieuwe tak in de geneeskunde. Met behulp van stamcellen hopen onderzoekers manieren te vinden om beschadigde cellen of zelfs hele organen te vervangen.

opdrachten

- 33 In 2008 is in de Verenigde Staten een proef gestart met de toepassing van stamcellen. Het ging om mensen met een beschadiging aan het ruggenmerg. De stamcellen voor deze test waren afkomstig van embryo's van enkele dagen oud.
Leg uit hoe het beschadigde ruggenmerg door stamceltherapie kan worden hersteld.
- 34 Een onderzoeker brengt een bepaald type stamcellen in huidweefsel in. De stamcellen blijken zich te ontwikkelen tot huidcellen. Vervolgens brengt hij stamcellen van hetzelfde type in zenuwweefsel in. Nu blijken de stamcellen zich tot zenuwweefsel te ontwikkelen.
- Welk type stamcellen heeft de onderzoeker gebruikt?
 - Leg met behulp van deze gegevens uit of stamcellen zich in een bepaalde richting ontwikkelen door informatie uit hun omgeving of door informatie in de cel zelf.

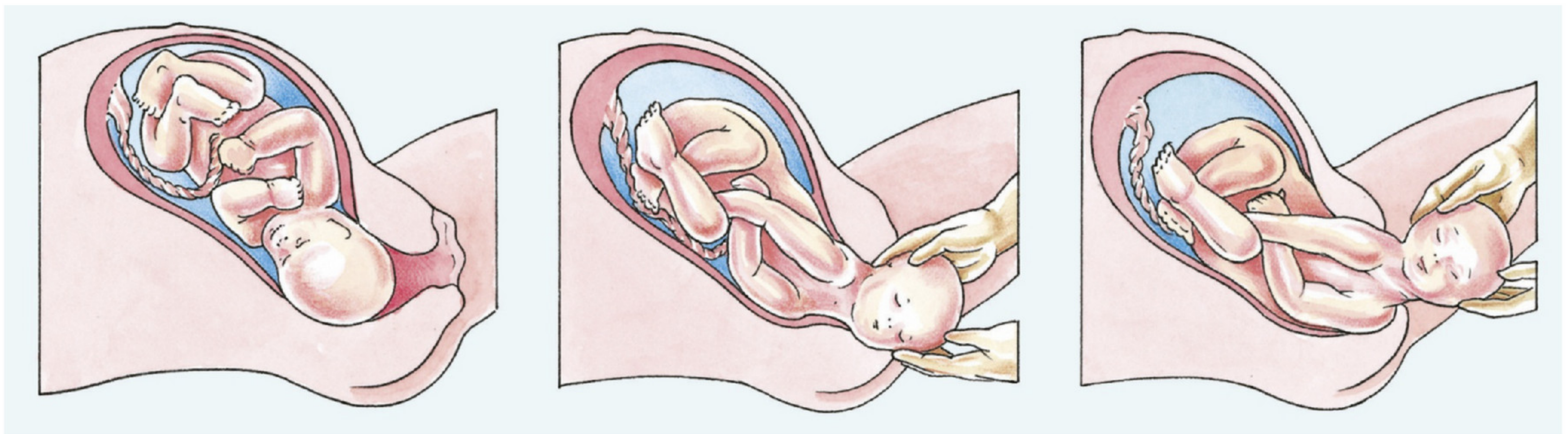
DE GEBOORTE

Een paar weken voor de bevalling zakt het hoofdje van de foetus tot in het bekken. Dit wordt de indaling genoemd. Tijdens de indaling trekt het bovenste deel van de baarmoederwand zich samen, waardoor het hoofdje van de foetus in de bekkenholte komt te liggen. De samentrekkingen van de baarmoeder voelt de moeder als weeën en die kunnen pijnlijk aanvoelen.

Als de geboorte begint, heeft een vrouw met regelmatige tussenpozen weeën. Tijdens deze weeën worden de baarmoederhals en de baarmoedermond wijder. Dit heet de ontsluiting. Tijdens de ontsluiting breken vaak de vruchtvliezen. Als de opening in de baarmoederhals ongeveer tien centimeter is, is de ontsluiting volledig.

De moeder mag dan actief gaan ‘persen’. Door de spiersamentrekkingen wordt het hoofdje van de foetus door de baarmoederhals geduwd. Het hoofdje draait daarbij naar beneden, om onder het schaambeen van de moeder door te kunnen. Ook de romp van de baby draait op deze manier (zie afbeelding 43). De uitdrijving kan heel snel gaan, in enkele seconden, maar duurt bij het eerste kind vaak één tot anderhalf uur. Bij een tweede kind gaat het meestal sneller.

▼ **Afb. 43** De uitdrijving.



Na de geboorte is de baby nog via de navelstreng verbonden met de placenta in de baarmoeder. De verloskundige of arts zet klemmen op de navelstreng waardoor geen bloed uit de navelstreng kan stromen. Daarna wordt de navelstreng doorgeknipt.

Na de uitdrijving is de bevalling nog niet helemaal afgelopen. Ongeveer een kwartier na de geboorte ontstaan de weeën van de nageboorte. De placenta, de resten van de navelstreng en de vruchtvliezen worden losgewoeld en uitgedreven.

opdrachten

- 35 Wat gebeurt er bij de indaling?
- 36 Nadat de placenta is uitgedreven, trekt de baarmoeder zich samen. Dit helpt om de wond te sluiten.
Beredeneer wat het gevolg kan zijn als de placenta niet of niet helemaal wordt uitgedreven na de geboorte.

CONTEXT

Beroep

Verloskundige

▼ **Afb. 44** Kia aan het werk.



Kia werkt als verloskundige. ‘Toen ik van de havo kwam, heb ik de opleiding verloskunde gedaan. Ik leerde er over anatomie, maar kreeg bijvoorbeeld ook psychologie als vak. Ik heb stage gelopen in het ziekenhuis en bij een verloskundigenpraktijk. Daarna ben ik bij diezelfde verloskundigenpraktijk gaan werken.

Ik begeleid vrouwen tijdens hun zwangerschap en ik houd in de gaten of alles goed verloopt. Ik controleer of de ongeboren baby goed groeit en of de moeder in goede gezondheid is. Ook geef ik vrouwen advies over gezond eten of over stoppen met roken. En ik geef voorlichting, zoals over het geven van borstvoeding. Je moet in dit werk kritisch zijn, want het is heel belangrijk om op tijd risico’s te signaleren. Soms moet ik de gynaecoloog inschakelen, bijvoorbeeld als een bevalling niet voorspoedig verloopt. Ik werk veel samen met andere professionals, zoals huisartsen, mensen van het consultatiebureau en kinderartsen. Ik volg regelmatig cursussen om bij te blijven. Dat maakt mijn werk best veelzijdig.

Als de baby geboren is, begeleid ik samen met de kraamverzorgende de kersverse moeder nog een paar dagen. Ik eet dan ook regelmatig beschuit met muisjes!’

opdracht

- 37 a Noteer drie verschillende capaciteiten die je nodig hebt in dit beroep.
- b Kia geeft aanstaande moeders die roken het advies om daarmee te stoppen. Welke andere adviezen zou Kia nog meer kunnen geven die met de leefstijl van de moeder te maken hebben?
- c Geef aan of je denkt dat het beroep verloskundige een geschikt beroep voor jou is. Besteed in je antwoord aandacht aan de benodigde capaciteiten en hoe interessant je de werkzaamheden vindt.

Leerdoelen

- Je weet dat vanaf de puberteit en adolescentie seksualiteit een rol speelt.
- Je kunt seksualiteit toelichten en een mening geven over verschillende vormen van seksualiteit.

5 Seksualiteit

Tijdens de puberteit worden veel jongeren voor het eerst verliefd. Seksualiteit gaat dan een grote rol spelen. Allerlei vragen doemen op, net als fantasieën over hoe het zou zijn om met een jongen of een meisje te vrijen.

PUBERTEIT EN ADOLESCENTIE

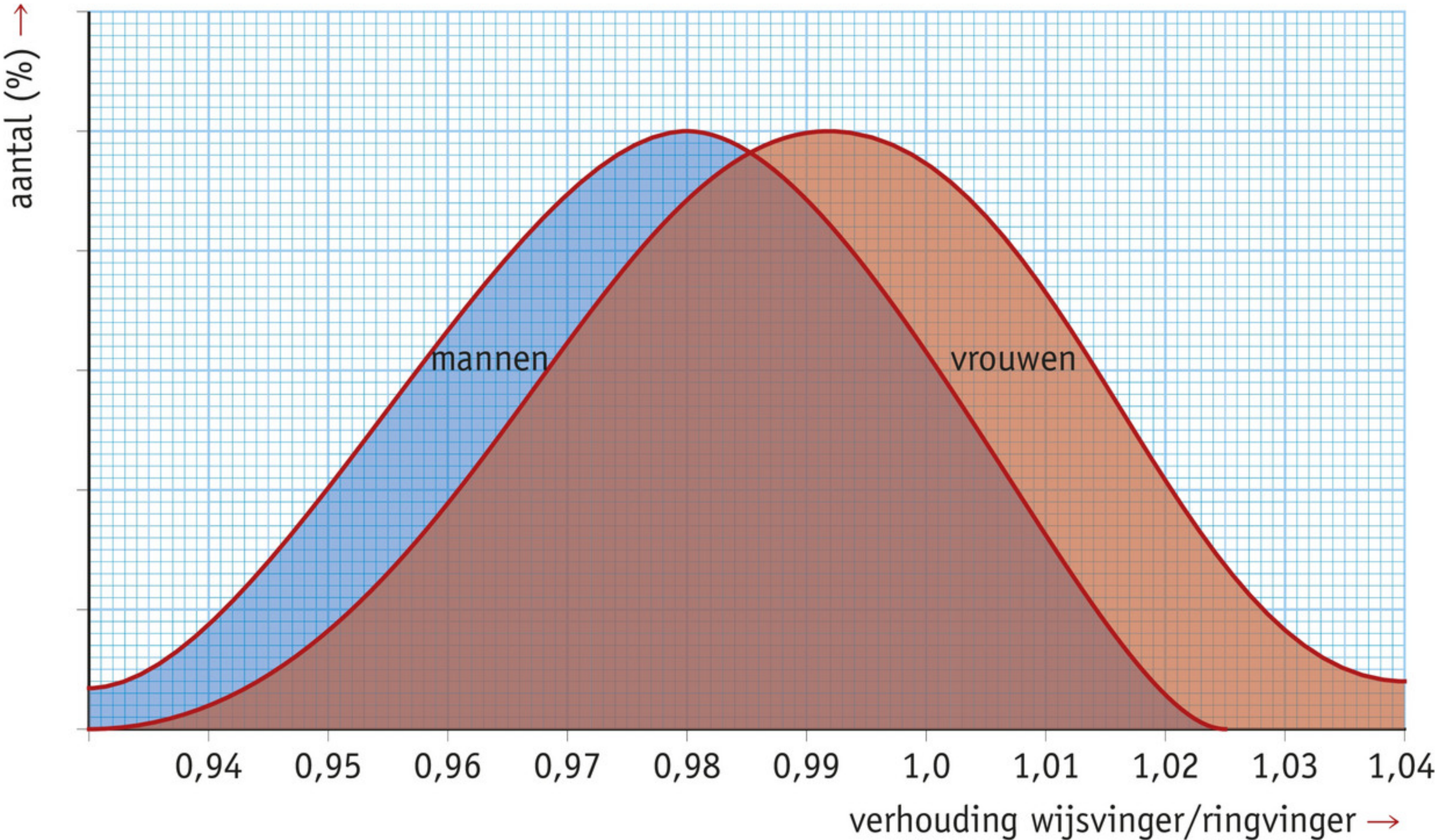
De **levensfase** waarin het lichaam volwassen wordt, heet de **puberteit**. De puberteit loopt van ongeveer 10 tot 17 jaar, maar is per mens verschillend. De levensfase waarin een mens geestelijk volwassen wordt, heet **adolescentie**. Over de periode van de adolescentie lopen de meningen uiteen. In Nederland laten we vaak de adolescentie beginnen aan het einde van de puberteit en eindigen tussen de 20 en 25 jaar, maar soms wordt ook de puberteit als deel van de adolescentie gezien.

Tijdens de puberteit zijn er lichamelijke en geestelijke veranderingen. Veel van die veranderingen hebben te maken met de voorbereiding op de voortplanting en het zelfstandig worden. In de puberteit ontwikkelen zich de secundaire geslachtskenmerken, zoals baardgroei bij jongens en borsten bij meisjes. Ook word je vaak voor het eerst verliefd en kun je je onzeker voelen. Er ontstaan grotere verschillen tussen jongens en meisjes; niet alleen in uiterlijk, maar ook in gedrag.

opdrachten

- 38** Tijdens de puberteit treden allerlei veranderingen op, zowel lichamelijk als in gedrag.
- Noteer twee lichamelijke veranderingen die bij jongens en/of meisjes optreden (bedenk andere veranderingen dan die in de tekst staan).
 - Noteer voor jezelf hoe jouw gedrag is veranderd vergeleken met toen je 10 jaar oud was.
Ik neem *meer / minder* risico's dan vroeger.
Ik kan *beter / minder goed* opstaan dan vroeger.
Ik kan *beter / minder goed* uitslapen dan vroeger.
Ik ben *sneller / minder snel* afgeleid dan vroeger.
Mijn vrienden zijn *belangrijker / minder belangrijk* voor me geworden ten opzichte van vroeger.
- 39** In afbeelding 45 is een onderzoek naar de vingerlengte van mannen en vrouwen weergegeven. De conclusie is niet ingevuld.
- Zijn de volgende uitspraken over het onderzoek juist of onjuist? Leg telkens je antwoord uit.
- Uit het resultaat blijkt dat testosteron van invloed is op de verhouding van de lengte tussen de wijs- en ringvinger.
 - Uit het resultaat blijkt dat mannen gemiddeld een langere ringvinger hebben dan vrouwen.
 - Uit het resultaat blijkt dat je aan de hand van de verhouding tussen de lengten van de wijs- en ringvinger kunt bepalen of iemand een man of een vrouw is.
 - Uit het diagram blijkt dat er uiterlijke verschillen bestaan tussen mannen en vrouwen.
 - De hypothese is bevestigd.

▼ Afb. 45

ONDERZOEK		VINGERLENGTE BIJ MANNEN EN VROUWEN
Inleiding	Meer dan een eeuw geleden bleek uit onderzoek dat mannen in verhouding langere ringvingers hebben dan vrouwen. Volgens onderzoekers wordt dit veroorzaakt door de hoeveelheid van het mannelijke geslachtshormoon testosteron waaraan een embryo in de baarmoeder is blootgesteld. Door meer testosteron zou de ringvinger wat langer doorgroeien dan de wijsvinger.	
Onderzoeksvraag	Is de verhouding tussen de lengte van de wijsvinger en de ringvinger bij mannen kleiner dan bij vrouwen?	
Hypothese	Sommige mannen hebben ringvingers die korter zijn dan de wijsvingers en sommige vrouwen hebben ringvingers die juist langer zijn dan de wijsvingers, maar gemiddeld zal de verhouding tussen de lengte van de wijsvinger en de ringvinger bij mannen kleiner zijn dan bij vrouwen.	
Experiment	Op internet wordt een oproep gedaan aan mensen om de lengte van de wijsvinger en de ringvinger op te meten en deze in te voeren op een website. Eerst moeten de bezoekers van de site opgeven of ze een man of een vrouw zijn en daarna wat de lengte is van hun wijsvinger (A) en hun ringvinger (B). Na het invullen rekent het programma de verhouding tussen de lengte van vingers uit. De resultaten worden opgeslagen in een database.	
Resultaat	Na enkele maanden hebben tienduizenden mensen gegevens ingevoerd. Met behulp van deze gegevens is een diagram gemaakt. 	
Conclusie		

►► PRACTICUMOPDRACHT 3

SEKSUALITEIT

Onder **seksualiteit** vallen alle gedachten, gevoelens en handelingen die te maken hebben met seks. Seksualiteit speelt in verschillende levensfasen een rol bij het vormen en onderhouden van een relatie. Elkaar aanraken, strelen en zoenen versterkt de band tussen partners. Seksualiteit kan ook als doel hebben genot te ervaren. Dat wordt lustbeleving genoemd. **Seksuele opwinding** ontstaat bijvoorbeeld door aanraking of door te kijken naar afbeeldingen en films van vrijende of naakte mensen.

▼ Afb. 46



In de puberteit ontdekken jongens en meisjes hun lichaam en raken voor het eerst seksueel opgewonden. Veel jongeren beginnen in deze periode te masturberen. Door masturbatie of door vrijen kun je een seksuele ontlading krijgen. Dit heet klaarkomen of een **orgasme** krijgen. In de puberteit speelt seksualiteit vooral een rol bij de lustbeleving en bij het vormen en onderhouden van een relatie.

Tijdens de volwassen levensfase is daarnaast ook voortplanting een doel van seksualiteit. Bij vrouwen verdwijnt deze functie tijdens de overgang (menopauze), een periode die rond het 50e levensjaar begint als in de eierstokken de vruchtbare eicellen op zijn. Hierdoor treden hormonale veranderingen op en stopt de menstruatie. Ook bij mannen verandert de hormoonhuishouding. Zij gaan geleidelijk minder testosteron produceren. Sommige mannen krijgen last van erectieproblemen. Mannen blijven meestal wel tot op hoge leeftijd vruchtbaar.

opdracht

- 40** Over seksualiteit en seks bestaan veel misverstanden. Hier staan vijf uitspraken. Overleg met een klasgenoot welke van deze uitspraken juist zijn. Zoek indien nodig naar meer informatie. Controleer daarna jullie antwoorden.
- a** Masturberen kan slecht zijn voor de gezondheid.
 - b** Vrouwen masturberen minder dan mannen.
 - c** Een vrouw heeft net zoals een man testosteron nodig om zin in seks te hebben.
 - d** Mannen hebben vaker zin in seks dan vrouwen, want mannen maken meer testosteron aan.
 - e** Vanaf een dag of drie voor de ovulatie tot de dag van de ovulatie raakt een vrouw sneller seksueel opgewonden dan tijdens de rest van de menstruatiecyclus.

▼ Afb. 47 Bill Kaulitz van de band Tokio Hotel heeft een androgyn uiterlijk.



SEKSUELE DIVERSITEIT

Bij seksualiteit spelen veel factoren een rol. In verschillende culturen wordt verschillend gedacht over wat wel en niet kan op het gebied van seksualiteit. Sommigen vinden dat seksualiteit hoort bij een vaste partner, anderen vinden dat minder of niet belangrijk.

De meeste mensen zijn **heteroseksueel**: zij voelen zich seksueel aangetrokken tot het andere geslacht. Ongeveer vijf procent van de mensen is **homoseksueel**: zij voelen zich seksueel aangetrokken tot hetzelfde geslacht. Homoseksuele vrouwen worden lesbisch genoemd. Mensen die zich tot beide geslachten aangetrokken voelen, worden **biseksueel** genoemd.

Het woord **gender** wordt gebruikt om het geheel van psychologische, culturele en sociale kenmerken van een sekse aan te geven. **Transgender** wordt vaak gebruikt als term voor iedereen die zich anders voelt dan het geslacht waarmee hij of zij is geboren. Hier vallen onder anderen travestieten, androgynen en transseksuelen onder. Travestieten kleden zich voor kortere of langere tijd als iemand van het andere geslacht. Androgynen mensen voelen zich vrouwelijk én mannelijk of juist niet vrouwelijk en ook niet mannelijk (zie afbeelding 47). Een transseksueel voelt zich behoren tot het andere geslacht en wil meestal een geslachtsoperatie ondergaan.

▼ **Afb. 48** Huwelijksplechtigheid tussen twee mannen.



Transgender zijn is iets waarmee iemand wordt geboren. Vermoedelijk ontstaat het tijdens de ontwikkeling van een foetus door de concentratie van bepaalde hormonen.

De uitdrukking ‘uit de kast komen’ of ‘**coming-out**’ wordt gebruikt wanneer een homo, lesbienne, biseksueel of transgender voor het eerst openlijk uitkomt voor zijn of haar seksuele voorkeur of transgender zijn.

ACCEPTATIE VAN HOMOSEKSUALITEIT

In Nederland is het verboden om te discrimineren vanwege homoseksualiteit. Dat is in veel andere landen niet zo. In sommige landen is het ten strengste verboden homoseksueel te zijn. In deze landen worden homoseksuele mannen en vrouwen zelfs vervolgd of moeten vrezen voor hun leven.

opdrachten

- 41** Transgender is de overkoepelende term voor travestie, androgynie, transseksualiteit en andere vormen van gendervariatie.
- a** Zoek op internet naar bekende transgenders en hun vorm van gendervariatie.
 - b** Kies een van deze vormen van gendervariatie.
Maak een poster op A4-formaat of een presentatie over die vorm van transgender. Geef in de poster of presentatie in elk geval aan wat precies met de term wordt bedoeld en geef jouw beargumenteerde mening over transgenderisme.
- 42** Hier staan vijf uitspraken over homoseksualiteit. Over twee van deze uitspraken ga je je mening geven.
- 1 De liefde tussen twee homoseksuele mensen verschilt niet van de liefde tussen twee heteroseksuele mensen.
 - 2 Het is begrijpelijk dat mensen het niet prettig vinden dat een homoseksueel paar in hun straat woont.
 - 3 Homoseksuele mensen moeten overal voor hun homoseksuele geaardheid uit kunnen komen.
 - 4 Een kerk mag een priester ontslaan als blijkt dat hij homoseksueel is.
 - 5 Homoseksuelen moeten kunnen trouwen en kinderen kunnen adopteren.
- a** Kies de uitspraak uit waar jij het het meest mee eens bent. Noteer deze uitspraak en zet er kort achter waarom je het met deze uitspraak eens bent.
 - b** Kies ook de uitspraak uit waar jij het het meest mee oneens bent. Noteer ook deze uitspraak en beargumenteer je mening.
 - c** Vergelijk de uitspraken die je hebt gekozen en de argumenten die je hebt gegeven met die van enkele klasgenoten.

SEKSUEEL GEWELD

Er is sprake van seksueel geweld als iemand een andere persoon dwingt tot seksueel contact. Het slachtoffer wordt dan seksueel misbruikt. Voorbeelden van seksueel misbruik zijn ongewenste intimiteiten, incest, aanranding en verkrachting. Ook seksuele handelingen bij mensen die vanwege hun leeftijd, afhankelijkheid van de dader of geestelijke toestand geen nee kunnen zeggen, vallen onder seksueel misbruik.

- ▼ **Afb. 49** Helpwanted.nl is een website over online seksueel misbruik van kinderen en jongeren.



Een voorbeeld van seksueel geweld zijn loverboys (of -girls). Een loverboy probeert een meisje de prostitutie in te dwingen. Meestal gebeurt dit door het slachtoffer eerst te verleiden en daarna te bedreigen.

Ook digitaal komt seksueel geweld voor, bijvoorbeeld in de vorm van grooming. Bij grooming verleidt een volwassene minderjarige meisjes of jongens. Dit gebeurt eerst via sociale media. De dader probeert het slachtoffer te verleiden om bijvoorbeeld naakt voor de webcam te komen. Uiteindelijk kan het tot een ontmoeting leiden waarbij het slachtoffer wordt misbruikt.

Veel gevallen van seksueel geweld worden nooit bekend. Het slachtoffer durft er bijvoorbeeld niet over te praten, schaamt zich of wordt bedreigd door de dader. De dader kan alleen worden gestraft als slachtoffers vertellen wat er is gebeurd. Dit kan bijvoorbeeld bij de huisarts of een vertrouwenspersoon op school.

Wat je wel of niet wilt op het gebied van seks is iets wat je moet ontdekken. Als je voelt dat er een grens is bereikt, geef dit dan aan. Wees duidelijk en praat over wat je wel en niet wilt.

opdracht

- 43** Schrijf een scenario voor een voorlichtingsfilm over seksueel geweld. Beschrijf in het scenario een poging tot seksueel geweld waarbij het slachtoffer duidelijk opkomt voor zijn of haar grenzen. Het scenario bestaat in elk geval uit een situatieschets en een gesprek.

CONTEXT

Leefwereld

Naaktfoto leidt tot zelfmoord

In Canada is geschokt gereageerd op de zelfmoord van de 15-jarige Amanda Todd. In een video op YouTube vertelde ze hoe ze jarenlang het slachtoffer was van een cyberpester. De tiener was door een vreemde overgehaald om haar borsten voor een webcam te laten zien. Hierna verspreidde hij naaktfoto's van Amanda op Facebook, waarna het pesten begon. Volgens diverse media heeft de man het meisje tot zelfmoord gedreven.

Bron: www.rtlnieuws.nl, 13-10-2012.

opdracht

- 44** Hier staan acht uitspraken over seksueel geweld. Je gaat in een groepje discussiëren over deze uitspraken.
- 1 Op school regelmatig tegen iemand seksueel getinte uitspraken doen is een vorm van seksuele intimidatie.
 - 2 Als je seksueel bent misbruikt, kun je daar maar beter met niemand over praten, want dan raket je alle ellende weer op.
 - 3 Een loverboy kun je direct herkennen.
 - 4 Als een meisje zich uitdagend kleedt, lokt ze seksueel misbruik uit.
 - 5 Als een jongen een paar drankjes voor een meisje betaalt, mag hij als tegenprestatie wel seks verwachten.
 - 6 'Schuren' op de dansvloer moet kunnen.
 - 7 Voor een goede vriend kun je je voor de webcam wel uitkleden.
 - 8 Als je ervoor zorgt dat je anoniem blijft, kun je best webcamseks met iemand hebben.
- a** Elk lid van jullie groepje kiest een (andere) uitspraak (je hoeft niet alle uitspraken te gebruiken). Je schrijft deze uitspraak boven aan een leeg velletje papier.
- b** Vervolgens schrijf je eronder hoe jij over deze uitspraak denkt. Na ongeveer drie minuten geven jullie de velletjes door. Lees de mening van je klasgenoot en schrijf jouw mening daaronder. Je kunt het eens of oneens zijn met je klasgenoot.
- c** Na ongeveer drie minuten wissel je weer van velletje, enzovoort, net zolang tot je je eigen velletje met het commentaar van de anderen terug hebt.
- d** Discussieer daarna in je groepje over de uitspraken.

Leerdoelen

- Je kunt de risico’s op infectie met seksueel overdraagbare aandoeningen toelichten.
- Je kent methoden om zwangerschap te voorkomen en hun voor- en nadelen.
- Je kunt biologische en ethische argumenten herkennen met betrekking tot ingrijpen in het voortplantingsproces van de mens.

▼ Afb. 50 Voorlichtingsposter.



▼ Afb. 51 Informatie over een aantal veelvoorkomende soa’s.

Ziekte	Ziekteverschijnselen	Te genezen met	(Mogelijke) gevolgen zonder tijdige behandeling
Chlamydia	Meer (of andere) afscheiding uit penis, vagina of anus. Branderig gevoel bij het plassen. Vaak merk je er niets van.	Antibiotica. Maak de voorgeschreven kuur helemaal af.	– eileiderontsteking – onvruchtbaarheid – bijbalontsteking
Gonorroe	Meer (of andere) afscheiding uit penis of vagina. Branderig gevoel bij het plassen.	Antibiotica. Maak de voorgeschreven kuur helemaal af.	– eileiderontsteking – bijbalontsteking – onvruchtbaarheid
Herpes genitalis	Aanvallen van blaasjes en zweertjes rondom de geslachtsdelen of anus.	Niet te genezen. Medicijnen remmen een aanval.	Geen gevolgen.
Hiv/aids	Geen specifieke verschijnselen: het aidsvirus tast het afweersysteem aan.	Niet te genezen. Hiv-remmers remmen de ziekte.	Vatbaarheid voor allerlei ziekten. Aids leidt in Nederland meestal niet meer tot de dood.
Syfilis	Zweertjes of vlekjes op penis, vagina, anus of mond.	Antibiotica. Maak de voorgeschreven kuur helemaal af.	Na jaren: aantasting van organen en anus of mond. Kan leiden tot de dood.

6 Soa’s en geboorteregeling

Zoenen, knuffelen en vrijen is heel leuk en spannend. Een soa of ongewenste zwangerschap is minder leuk. Veilig vrijen kan op verschillende manieren.

SOA’S

Een **soa** is een **seksueel overdraagbare aandoening**. Soa’s zijn infectieziekten waarbij de ziekteverwekker meestal via seksueel contact wordt overgedragen. Hoewel niet precies bekend is hoeveel mensen per jaar een soa krijgen, zijn dat er in Nederland naar schatting ruim 100 000 per jaar. Veel soa’s zijn goed te behandelen, maar sommige hebben ernstige gevolgen als ze niet op tijd worden behandeld.

Soa’s worden overgedragen via sperma, bloed, vaginaal vocht en bij contact van slijmvliesen (bijvoorbeeld in de mond en de endeldarm). Een soa krijg je niet door uit een kopje van iemand anders te drinken, een hoestbui, insectenbeten of een vieze toiletbril. Iemand loopt een soa meestal op door onveilig vrijen. Door veilig te vrijen verminder je de kans op een soa.

Veilig vrijen houdt in dat je:

- seksueel contact hebt met één vaste partner, die zelf ook nooit met een andere partner vrijt en geen soa heeft;
- elkaar streelt, tongzoent, kust, knuffelt, masseert, jezelf bevredigt of elkaar met de hand bevredigt;
- bij orale seks (pijpen en beffen) en bij vaginale geslachtsgemeenschap (penis in de vagina) een CE-goedgekeurd condoom of beflapje gebruikt;
- bij anale geslachtsgemeenschap (penis in de anus) een daarvoor geschikt condoom met extra veel glijmiddel gebruikt.

Hiv, hepatitis B en syfilis zijn via bloed overdraagbaar en kun je dus ook oplopen door naalden of spuiten te gebruiken die door iemand anders zijn gebruikt. Bij **aids** is iemand ziek doordat hij besmet is met **hiv** (human immunodeficiency virus). Iemand die wel besmet is met hiv, maar nog niet ziek is, is seropositief. Er zijn dan antistoffen in het bloed (serum) die met een test kunnen worden aangetoond. In afbeelding 51 zie je een overzicht van een aantal soa's.

SOATEST

Een soatest is de enige manier om zeker te weten of je een soa of hiv hebt. Jongeren onder de 25 jaar kunnen bij de huisarts of bij de GGD gratis een soatest laten doen. Zo'n test is niet nodig als je nog geen seks hebt gehad, of als je het altijd veilig hebt gedaan. Het soort test is afhankelijk van de risico's die je hebt gelopen. Bij mannen is een urinetest vaak voldoende. Hiermee kan onder andere op chlamydia en gonorroe worden getest. Bij vrouwen is een uitstrijkje nodig. Voor een uitstrijkje van de vagina wordt met een speciaal wattenstaafje diep in de vagina over de wand gestreken. Om op syfilis, hepatitis B en hiv te testen, is bloedonderzoek nodig.

Waarschuw altijd je huidige en ex-sekspartner(s) als je een soa hebt, zodat ook hij of zij door een huisarts of kliniek kan worden behandeld.

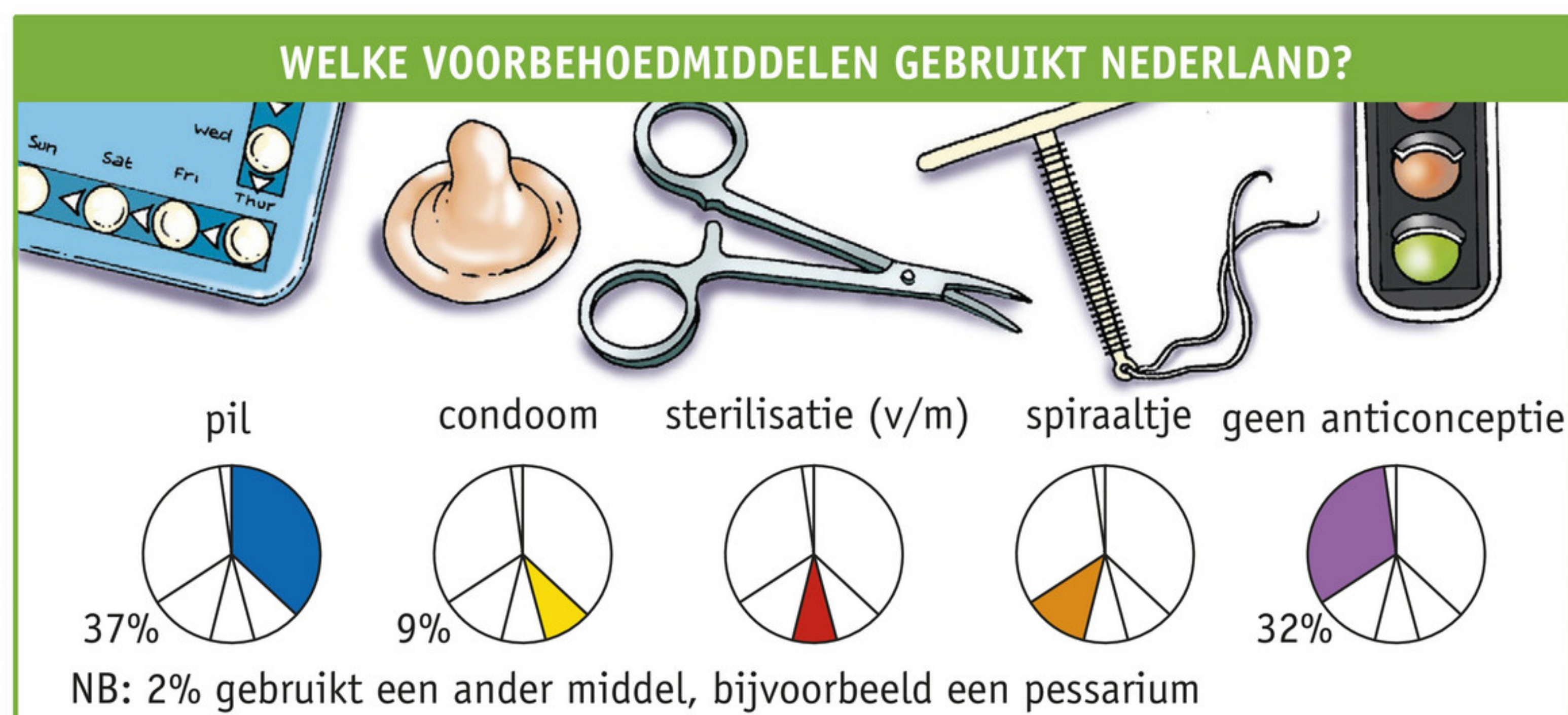
opdrachten

- 45 Tijdens seks kun je van iemand griep oplopen. Is griep een soa? Leg je antwoord uit.
- 46 Waarom is wassen en afspoelen van de geslachtsorganen na geslachts-gemeenschap geen goede methode om besmetting met een soa te voorkomen?
- 47 Waardoor is niet exact bekend hoeveel mensen per jaar een soa oplopen?
- 48 Om te voorkomen dat je bij seks een soa oploopt, is het verstandig een condoom te gebruiken. Maar niet iedereen wil dat. Ook zijn er situaties waarbij beide partners geen condoom bij zich hebben, maar wel graag seks zouden hebben.
Hier staan tien smoezen om seks te hebben zonder een condoom te gebruiken. Bij de eerste is een reactie gegeven.
Kies vijf van de overige smoezen uit. Noteer deze en geef bij elke smoes een reactie.
 - 1 Vertrouw je me niet of zo?
Nee, ik denk niet dat je aids hebt en ik vertrouw je best wel, anders waren we hier nu niet. Maar als je iets hebt, weet je dat vaak zelf niet. Dus neem ik, met ons allebei, geen risico's. Of: Ik vertrouw jou wel, maar je ex niet.
 - 2 Maar je bent toch aan de pil?
 - 3 Als je niet zonder condoom wilt vrijen, maak ik het uit.
 - 4 Je bent de enige met wie ik het zonder condoom doe.
 - 5 Ik weet zeker dat ik niets heb, want ik heb geen klachten.
 - 6 Met condoom is er niets aan.
 - 7 We zijn toch elkaars eerste?
 - 8 Ik ben allergisch voor rubber.
 - 9 Ik heb geen condooms bij me en ik kan ze nu niet meer kopen.
 - 10 Ik ken niemand met een soa.

ZWANGERSCHAP VOORKOMEN

Om ongewenste zwangerschap te voorkomen, maken veel mensen gebruik van **voorbehoedmiddelen** en andere methoden van **anticonceptie**. Bij vrouwen is het gebruik van de anticonceptiepil de meest voorkomende methode (zie afbeelding 52). De hormonen in de pil zorgen ervoor dat er geen eikel vrijkomt. Ze maken ook het slijmvlies van de baarmoederwand ongeschikt voor innesteling. Bovendien wordt het slijm in de baarmoederhals dikker, waardoor zaadcellen minder goed in de baarmoeder kunnen doordringen. Door deze drievoudige werking zijn anticonceptiepillen, mits ze op de juiste manier worden gebruikt, zeer betrouwbaar. Na het stoppen met de pil kan een vrouw meteen zwanger raken.

► **Afb. 52** Welke anticonceptie gebruiken Nederlandse vrouwen van 18 tot 45 jaar (gegevens 2013)?



Bij vrouwen die roken, verhoogt het gebruik van de pil de kans op hart- en vaatziekten. De combinatie van roken én de pil slikken wordt dan ook sterk afgeraden. Bepaalde geneesmiddelen verminderen de werking van de pil, zoals sommige kalmeringsmiddelen en antibiotica.

Andere manieren om zwangerschap te voorkomen door middel van **hormonale regulatie** zijn de prikpil, het anticonceptiestaaftje, een hormoonpleister en de anticonceptiering. Na het stoppen met de prikpil kan het meer dan een jaar duren voor de vruchtbaarheid terugkeert.

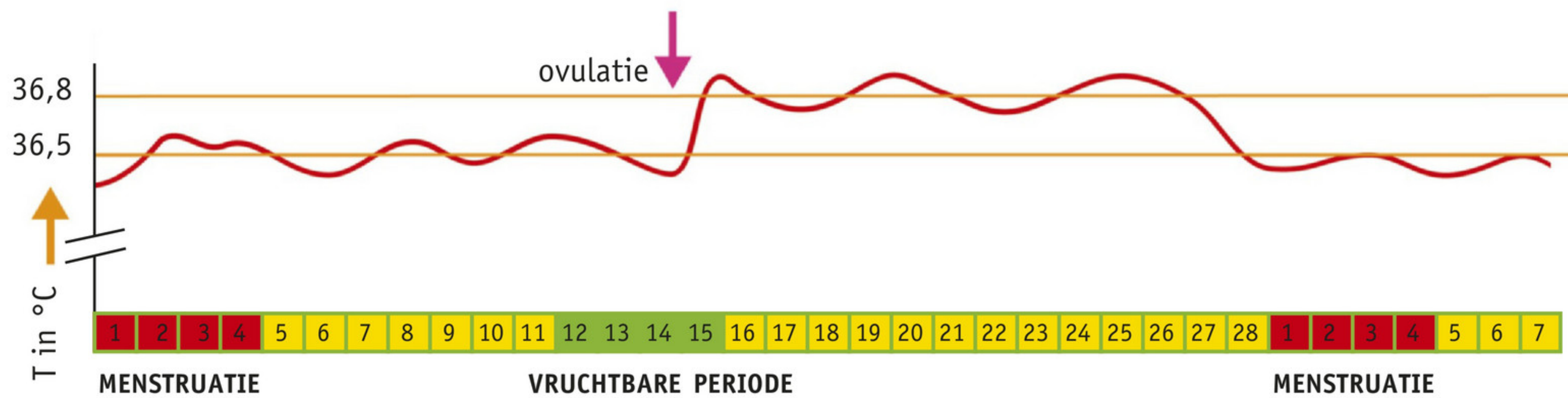
Naast hormonale regulatie kunnen man en vrouw kiezen voor gebruik van een condoom of pessarium. Deze middelen houden het sperma tegen, zodat het de eikel niet kan bereiken.

Bij het gebruik van een condoom kan het fout gaan doordat het condoom niet goed wordt gebruikt of de kwaliteit ervan niet goed is. Om de betrouwbaarheid van condooms en pessaria te vergroten, worden ze vaak gebruikt in combinatie met een zaaddodend middel. Een condoom beschermt ook tegen besmetting met een soa. Een spiraaltje wordt door een arts in de baarmoeder geplaatst en voorkomt innesteling. Een vrouw kan kiezen voor een spiraaltje met of zonder hormonen.

Mannen en vrouwen die zeker weten dat ze geen kinderen (meer) willen krijgen, kiezen soms voor sterilisatie. Dit is de meest betrouwbare methode. Sterilisatie is bedoeld om blijvend te zijn, maar kan soms wel ongedaan worden gemaakt. Bij sterilisatie van de man worden de zaadleiters onderbroken, waardoor zaadcellen niet meer vanuit de bijbal bij het sperma kunnen komen. De zaadcellen worden in de bijballen afgebroken. Bij sterilisatie van de vrouw worden de eileiders onderbroken. Zaadcellen kunnen dan niet meer bij de eikel komen. Sterilisatie heeft geen negatieve gevolgen voor de werking van de geslachtsorganen.

Ongeveer één op de drie stellen gebruikt geen voorbehoedmiddelen. Een deel van deze stellen probeert zwangerschap te voorkomen via periodieke onthouding.

▼ **Afb. 53** Het verloop van de lichaamstemperatuur van een vrouw gedurende de menstruatiecyclus.



Tijdens de vruchtbare periode onthouden zij zich van geslachtsgemeenschap. De vruchtbare periode duurt maar een paar dagen, alleen is het lastig om deze periode exact te bepalen. Een hulpmiddel is het meten van de lichaamstemperatuur. De lichaamstemperatuur gaat na de ovulatie gemiddeld 0,3 tot 0,4 graden Celsius omhoog (zie afbeelding 53). Tijdens de volgende menstruatie daalt de temperatuur weer. Door de temperatuur gedurende een aantal maanden dagelijks te meten, krijgt een vrouw inzicht in het moment van ovulatie. Periodieke onthouding zonder temperatuurmeting is als anticonceptiemethode niet erg betrouwbaar. Als je denkt dat je zwanger bent, kun je een zwangerschapstest doen. Een zwangerschapstest is voor weinig geld te koop bij een apotheek of drogist.

opdracht

- 49 a Op welke drie manieren voorkomen de hormonen in de pil zwangerschap?
 b Alle anticonceptiepillen bevatten een progestageen hormoon, dat dezelfde werking heeft als progesteron.
 Welke rol speelt progestageen in de menstruatiecyclus?
 c Vindt er een eisprong plaats als een vrouw de pil gebruikt? Leg je antwoord uit.
 d Veel anticonceptiepillen bevatten ook oestrogeen. Dit hormoon is niet noodzakelijk om zwangerschap te voorkomen.
 Leg uit waarom veel anticonceptiepillen toch oestrogeen bevatten.

ONGEWENST KINDERLOOS

In Nederland krijgt ongeveer één op de zes paren die een kind willen, te maken met problemen met vruchtbaarheid. Wanneer van een stel de vrouw na een jaar onbeschermd vrijen niet zwanger is, kunnen ze naar hun huisarts gaan. Die kan voor verder onderzoek doorverwijzen naar een gynaecoloog. Bij ongeveer dertig procent van de doorverwezen stellen ligt de oorzaak bij de vrouw, bij dertig procent bij de man en bij dertig procent bij beiden. In tien procent van de gevallen wordt geen oorzaak gevonden.

De kans om ongewenst kinderloos te blijven neemt toe naarmate een stel ouder wordt. De kwaliteit van de eicellen neemt af en, hoewel in mindere mate, ook de kwaliteit van het sperma. Doordat vrouwen steeds vaker hun kinderwens uitstellen, is het aantal stellen dat problemen heeft met de vruchtbaarheid gegroeid.

Ook de leefstijl is van invloed op de vruchtbaarheid. Roken en alcohol- en drugsgebruik verminderen de vruchtbaarheid. Ook van overgewicht, giftige stoffen zoals bestrijdingsmiddelen en sommige geneesmiddelen is aangetoond dat ze de vruchtbaarheid verminderen. Verminderde vruchtbaarheid kan ook worden veroorzaakt door infecties, zoals soa's, en door erfelijke aandoeningen, zoals hormoonstoornissen.

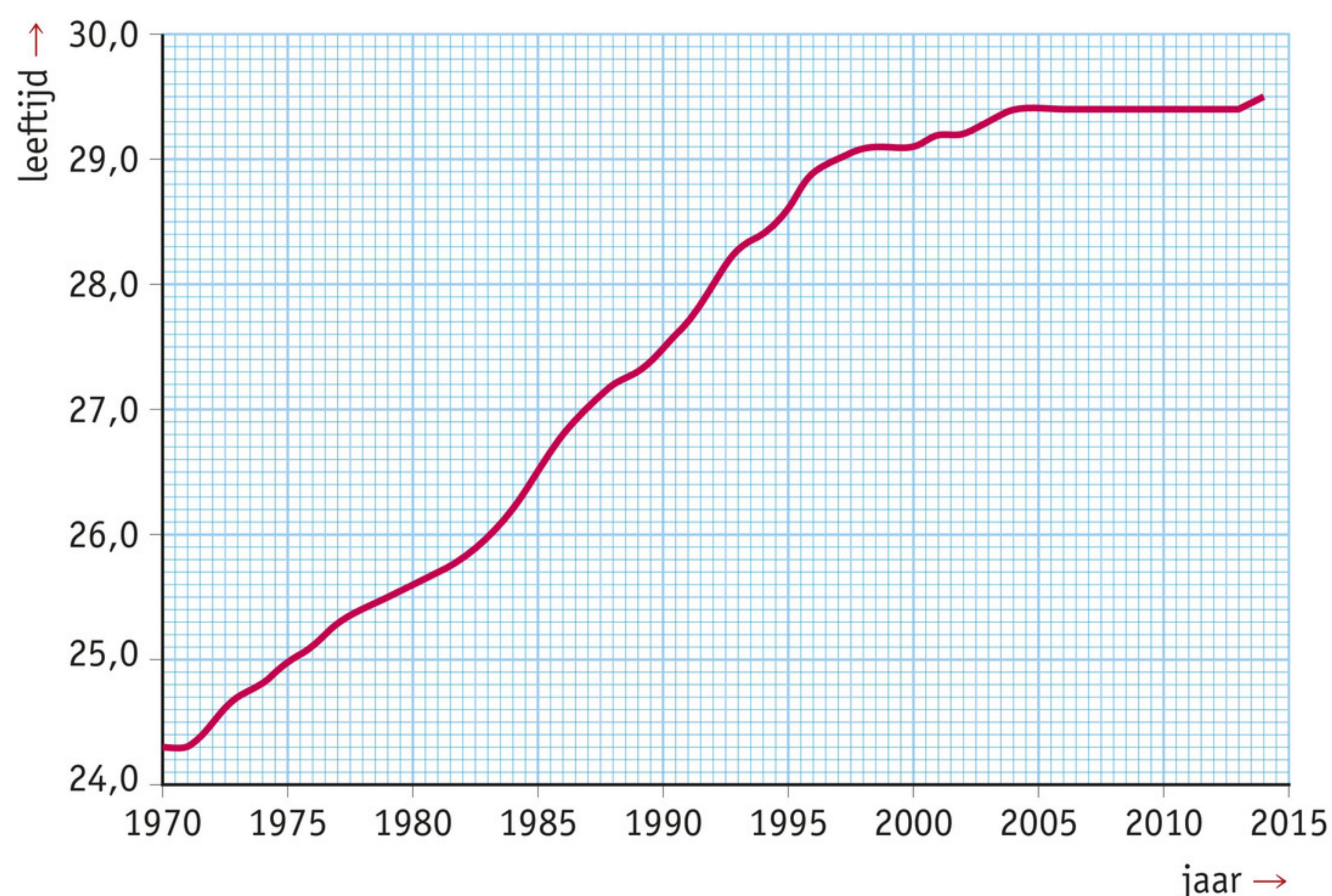
Wanneer er weinig zaadcellen in het sperma aanwezig zijn, kan worden gekozen voor **kunstmatige inseminatie (ki)** met zaadcellen van de eigen partner. Het zaad wordt met een dun slangetje meteen in de baarmoeder gespoten. Deze methode wordt ook toegepast als gezonde zaadcellen de baarmoedermond niet kunnen passeren.

Bij vrouwen die kinderloos zijn doordat de eileiders niet goed werken of ondoorlaatbaar zijn, kan **in-vitrofertilisatie (ivf)** een uitkomst bieden. Ivf is een vruchtbaarheidsbehandeling waarbij de bevruchting buiten het lichaam plaatsvindt.

opdrachten

- 50** De vruchtbaarheid neemt af naarmate je ouder wordt. Dit speelt bij vrouwen een grotere rol dan bij mannen.
- Noteer, naast leeftijd, drie andere oorzaken van onvruchtbaarheid.
 - Verklaar met behulp van het diagram in afbeelding 54 de toename van het aantal paren dat ongewenst kinderloos is.

► **Afb. 54** Leeftijd waarop vrouwen hun eerste kind krijgen in de periode 1970 tot 2014.



Bron: CBS, 2014.

- 51** Een koppel probeert al ruim een jaar zwanger te worden. Tot nog toe is dat niet gelukt. De huisarts stelt voor dat ze kunstmatige inseminatie (ki) proberen. Het koppel besluit dit niet te doen.
- Wat zou een overweging van het koppel kunnen zijn om geen ki toe te passen?
 - Is de overweging die je bij opdracht a noemde een ethisch of een biologisch argument?
- 52** Wanneer de zaadcellen van de eigen partner niet geschikt zijn, of wanneer een vrouw geen mannelijke partner heeft, kan kunstmatige inseminatie met zaadcellen van een donor worden overwogen.
- Sinds 2004 kunnen mannen niet meer anoniem donor zijn. Door deze donorregistratie is het aantal zaadceldonoren afgenomen.
- Vind jij dat kinderen van zaadceldonoren het recht hebben om, als ze dat willen, contact te leggen met hun biologische vader? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Leefwereld

Pearlindex

De betrouwbaarheid van een anticonceptiemethode wordt aangegeven met de Pearlindex (ontwikkeld door de Amerikaan Raymond Pearl). Het cijfer geeft het aantal zwangerschappen aan dat ondanks het toepassen van de methode ontstaat bij honderd vrouwen die gedurende een jaar lang de methode gebruiken. In de tabel staan twee cijfers: het theoretisch haalbare en het cijfer dat werkelijk (in de praktijk) wordt bereikt. Wanneer honderd paren gedurende een jaar samenleven zonder aan vruchtbaarheidsregeling te doen, worden ongeveer 85 vrouwen zwanger. De Pearlindex is dan 85. Soms lopen de cijfers uiteen, zoals bij het spiraaltje. Dat komt doordat soms niet bekend is of de methode wel of niet juist is gebruikt. Er kunnen ook verschillende soorten van het middel zijn of verschillende manieren om de methode toe te passen.

► **Afb. 55** Pearlindex.

Pearlindex		
	Theoretisch	In de praktijk
Zonder anticonceptiemethode	85	85
Periodieke onthouding		
– standaard dagenmethode	5	12
– via temperatuurmeting	1	2,5–7
Condoom	2	12
Spiraaltje	0,2–1,0	1–3
Anticonceptiepil	0,5	0,2–10
Anticonceptiering (NuvaRing)	0,4	0,65
Sterilisatie		
– man	< 0,1	0,5
– vrouw	0,2–2,6	0,2–2,6

opdracht

- 53** Hier staat over drie paren informatie. Geef bij elk paar aan wat jij de beste methode van anticonceptie voor hen vindt. Leg je antwoord uit.
- 1 Margreet en Dik zijn vijftien jaar getrouwd en hebben twee kinderen. Ze willen zeker geen kinderen meer.
 - 2 Julian en Esmay ontmoeten elkaar op vakantie. Ze zijn hevig verliefd en gaan met elkaar naar bed.
 - 3 Owen en Leyla zijn een paar maanden getrouwd, maar kennen elkaar nu een paar jaar. Ze willen voorlopig nog geen kinderen.

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Doe online de verrijkingsstoffen, de flitskaarten en de oefentoets.
- Ga in het boek verder met de Samenhang.

Leerdoelen

- Je kunt het nut van geslachtelijke voortplanting toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- Je kunt de biologische vakvaardigheid evolutionair denken toepassen op geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting.

Waarom hebben we eigenlijk seks?

Seks. Het lijkt heel gewoon, maar is dat ook zo? Waarom doen we het eigenlijk?

Vanuit de evolutietheorie hebben theoretici hier een verklaring voor bedacht. Volgens de evolutietheorie had het eerste leven op aarde helemaal geen seks. Eencelligen vermenigvuldigden zich door te delen; daar hadden ze geen ander voor nodig. Vervolgens begonnen bacteriën erfelijk materiaal uit te wisselen. De essentie van seks was geboren. Een paar miljard jaar later was de biodiversiteit op aarde enorm veel groter en deden meercellige organismen aan voortplanting op een manier zoals je die van kikkers kent: in het water werden eitjes gelegd, klaar om bevrucht te worden. Zo'n vierhonderd miljoen jaar geleden pakte de pantservis het anders aan. Met een grijper bracht het mannetje zijn sperma in de geslachtsopening van het vrouwtje. De eerste keer seks op aarde was een feit.

Er komt nogal wat kijken bij seks als het gaat om voortplanting. Je hebt er twee organismen voor nodig, en bij mensen ook een goede timing. Het kan pas vanaf het moment dat beide personen geslachtsrijp zijn. Als het dan eenmaal zover is, dan is het belangrijk om op het juiste moment seks te hebben zodat er bevruchting kan plaatsvinden. En dan kunnen voorbehoedsmiddelen nog roet in het eten gooien. Bovendien wil niet elk mens met zomaar iemand seks hebben. Vaak willen mensen elkaar eerst beter kennen of een relatie hebben. En wat dacht je van het risico om een ziekte op te lopen? Zo bekeken kost voortplanting door seks een hoop tijd en energie, en heeft het een onzekere uitkomst. Cellen die delen lijken het dan een stuk gemakkelijker te hebben.

Waarom doen veel soorten dan toch aan seks? Voortplanting door seks blijkt zo zijn voordelen te hebben. Het levert bijvoorbeeld gezonder nageslacht op. Zo bleek bij slakken dat de nakomelingen beter beschermd waren tegen parasieten, doordat ze een gecombineerde set chromosomen van beide ouders kregen. Bij een bepaalde schimmel leidt seksuele voortplanting tot minder genetische foutjes dan wanneer diezelfde schimmel zich ongeslachtelijk voortplant. Daarnaast heeft seks bij een aantal soorten nog een sociale functie. Bij apen zoals de bonobo speelt seks een rol bij het onderhouden van vriendschappen en bij verzoening na een conflict.

► **Afb. 1** Dwergpapegaaien.



opdrachten

- 1 Neem de tabel over en vul de begrippen in bij het juiste organisatieniveau. Kies uit: *biodiversiteit* – *chromosoom* – *eitje* – *gezonder nageslacht* – *grijper* – *voortplanting* – *water*.

Organisatieniveau	Begrip
Biosfeer	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

- 2 Bij voortplanting wordt DNA overgebracht naar de volgende generatie.
- Hoeveel nakomelingen moet een organisme dat zich geslachtelijk voortplant, minimaal krijgen om zijn complete DNA over te brengen naar de volgende generatie?
 - Hoeveel nakomelingen zijn minimaal nodig bij ongeslachtelijke voortplanting?
 - Laat met behulp van een schema zien wat er gebeurt met de grootte van een populatie gedurende twee generaties als een ongeslachtelijk voortplantende cel zich deelt.
 - Laat met behulp van een schema zien wat er gebeurt met de grootte van een populatie gedurende twee generaties, als een geslachtelijk voortplantend koppel twee nakomelingen krijgt.
- 3 Geslachtsorganen zijn er in alle vormen en maten. Waterjuffers hebben een penis met een piepklein schepje, waarmee ze tijdens de paring de vagina van een vrouwtje leegscheppen (zie afbeelding 2).
- Leg uit wat hiervan het voordeel is.
 - Nadat twee honden met elkaar hebben gepaard, blijven ze vaak even met de geslachtsorganen aan elkaar vastzitten. Dat kan van een paar minuten tot wel een halfuur duren. De geslachtsorganen zijn opgezwollen, waardoor de honden nog niet van elkaar kunnen loskomen. Dit is een normaal onderdeel van de paring bij honden. Leg uit wat hiervan het voordeel is voor de reu.

► **Afb. 2** Waterjuffers tijdens de paring.



practicumopdracht 1

MATERIAAL

- een plant die je wilt klonen
- een kweekbakje of plastic bekertje
- potgrond
- satéprikkers
- water
- stekpoeder

practicumopdracht 2

MATERIAAL

- een klaargemaakt preparaat van een lengtedoorsnede van een jonge uienwortel
- een microscoop met toebehoren

Practica

Een plant klonen

►► BASISSTOF 1

Klonen klinkt vreemd en ingewikkeld, maar eigenlijk is het iets wat veel mensen doen. In deze practicumopdracht onderzoek je hoe je zelf een plant kunt klonen.

METHODE

- Snijd met een scherp mesje een takje met een paar bladeren van de plant.
- Zet het takje in een beker met water en laat het daar ten minste een uur staan.
- Vul het kweekbakje (of plastic bekertje) met potgrond en maak met een satéprikker een gaatje van ongeveer 3 cm diep.
- Schraap met een mesje de bast van het onderste deel van het takje een beetje weg. Let op dat je alleen de bast weg schraapt.
- Doop het takje ongeveer 2 cm in het stekpoeder. Het stekpoeder bevat plantenhormonen die de groei van wortels bevorderen.
- Doe het plantje in het gaatje in het kweekbakje. Druk de aarde losjes aan en geef het plantje water. Zet het plantje op een lichte plek. Na enige tijd ontstaan er worteltjes en gaat het plantje groeien.

RESULTAAT

Maak enkele tekeningen van het plantje vanaf het moment dat het gaat groeien.

Mitose

►► BASISSTOF 1

In worteltoppen van planten vinden voortdurend celdelingen plaats. Tijdens een celdeling zijn de chromosomen zichtbaar. In deze practicumopdracht ga je cellen in een worteltop van een ui bekijken. Die cellen zijn niet allemaal tegelijk aan het delen.

ONDERZOEKSVRAAG

Zijn alle fasen van de mitose in de worteltop te zien?

HYPOTHESE

Als de cellen niet allemaal tegelijk delen, komen alle fasen in het preparaat in beeld.

METHODE

- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100×.
- Zoek cellen in vier verschillende fasen van de mitose.
- Maak hiervan tekeningen in de juiste volgorde van de mitose. Gebruik bij het tekenen een vergroting van 400×.

RESULTAAT

Het resultaat is afhankelijk van het preparaat. Waarschijnlijk heb je vier verschillende fasen van de mitose gezien en getekend.

practicumopdracht 3

MATERIAAL

- een liniaal of centimeter
- een computer of laptop

▼ **Afb. 1** Op deze manier meet je de vingerlengte.



CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wordt de hypothese bevestigd?

Bij zwangere vrouwen boven de 35 jaar wordt prenataal onderzoek gedaan. Daarbij wordt onderzocht wat het chromosomenaantal van het embryo is.

- 2 In welke fase van de mitose is het chromosomenaantal het best te bepalen? Leg je antwoord uit.
- 3 Welke stap uit een onderzoek is de vraag die in opdracht 2 wordt gesteld?

Vingerlengtemeting

► BASISSTOF 3

Bij meisjes begint de groeispuurt in de puberteit eerder dan bij jongens.

Hierbij spelen de geslachtshormonen een rol. In deze practicumopdracht ga je onderzoeken of er verschil in vingerlengte is tussen jongens en meisjes.

ONDERZOEKSVRAAG

Is de middelvinger bij meisjes gemiddeld langer dan bij jongens?

HYPOTHESE

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Stel een hypothese op voordat je aan het experiment begint.
- 2 Waarop is je hypothese gebaseerd?
- 3 Bij welk meetresultaat wordt je hypothese bevestigd?
Geef je antwoord als volgt: Als ..., dan ...

METHODE

- Bepaal bij een groot aantal (ongeveer vijftig) klasgenoten en andere leerlingen van ongeveer dezelfde leeftijd de lengte van de linker- en rechtermiddelvinger van jongens en van meisjes, tot op een millimeter nauwkeurig. Meet van het topje van de knokkel tot de nagelgrens (zie afbeelding 1).
- Bereken van elke jongen en elk meisje het gemiddelde van de rechter- en linkermiddelvinger.
- Zet van alle jongens en meisjes per persoon de gegevens in een tabel met twee kolommen; één voor de jongens en één voor de meisjes.

Beantwoord de volgende vragen.

- 4 Waarom wordt bij dit onderzoek de middelvinger gekozen?
- 5 Leg uit dat het verstandig is om zowel de linker- als de rechtermiddelvinger op te meten.
- 6 Wat is de reden dat de meting niet bij een enkele klas, maar bij meer leerlingen wordt uitgevoerd?

RESULTAAT

Zet de gegevens van het gemiddelde van alle jongens en van alle meisjes met behulp van een computer uit in een boxplot.

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 7 Welke conclusie kun je trekken die antwoord geeft op de onderzoeksvraag?
- 8 Welke gegevens heb je hierbij gebruikt?
- 9 Bevestigt jouw conclusie je hypothese? Zo nee, kun je dit verklaren?

Samenvatting

LEERDOEL 1 ►► BASISSTOF 1

Je kent de gebeurtenissen tijdens de celcyclus.

- Bij celdeling ontstaan uit één moedercel twee dochtercellen.
 - De dochtercellen bevatten dezelfde informatie voor erfelijke eigenschappen als de moedercel.
- Voorafgaand aan een celdeling vindt DNA-replicatie (DNA-synthese) plaats.
 - Van elk DNA-molecuul wordt een kopie gemaakt.
 - De DNA-moleculen blijven tijdelijk aan elkaar zitten en worden chromatiden genoemd.
- De celcyclus bestaat uit de interfase en de mitose.
 - Halverwege de interfase verdubbelt het DNA.
 - Tijdens de interfase zijn de chromosomen niet zichtbaar.
- S-fase: de periode waarin DNA-synthese plaatsvindt.
- Tijdens de mitose deelt de kern en daarna de cel.
 - De chromosomen (twee chromatiden) worden zichtbaar.
 - Er ontstaat een koepel van draden en het kernmembraan verdwijnt.
 - De draden trekken de chromatiden uit elkaar.
 - De chromosomen (die nu uit één chromatide bestaan) vormen twee celkernen.
 - Tussen de nieuwe celkernen snoert de cel in, waardoor twee dochtercellen ontstaan.
 - Het celplasma wordt verdeeld over de dochtercellen en er ontstaan celmembranen.

LEERDOEL 2 ►► BASISSTOF 1

Je weet dat door ongeslachtelijke voortplanting nakomelingen ontstaan die identiek zijn aan de ouder.

- Ongeslachtelijke voortplanting: voortplanting waarbij één ouderlijk individu is betrokken.
 - Bacteriën planten zich ongeslachtelijk voort door zich te delen.
 - Bij meercellige organismen groeit een deel van het organisme uit tot een nieuw organisme. Bijv. uitlopers bij aardbeien en knopvorming bij poliepen.

LEERDOEL 3 ►► BASISSTOF 1

Je herkent ethische en biologische argumenten bij standpunten over klonen van organismen.

- Bij klonen ontstaan genetisch identieke nakomelingen uit één individu.
 - Embryosplitsing: het klompje cellen van een bevruchte eicel wordt gesplitst en in verschillende baarmoeders geplaatst.

- Bij klonen worden erfelijke eigenschappen behouden, waardoor bijvoorbeeld ziekten kunnen worden onderzocht.
- Ethisch argument: voorkeur of bezwaar op grond van een principe of levensovertuiging.
- Biologisch argument: voorkeur of bezwaar op grond van een medisch risico of biologisch gevolg.
 - Tegenstanders maken bijvoorbeeld bezwaar tegen het ingrijpen in de natuur (ethisch argument) of de gezondheidsrisico's die klonen met zich meebrengt (biologisch argument).

LEERDOEL 4 ►► BASISSTOF 2

Je kunt uitleggen hoe door meiose geslachtscellen ontstaan en hoe bevruchting verloopt.

- Geslachtelijke voortplanting vindt plaats door celfusie (samensmelting van twee cellen en celkernen).
- Het aantal chromosomen per celkern is voor elk soort organisme constant.
- De lichaamscellen van de meeste planten en dieren zijn diploïd: van elk type chromosoom bevat een lichaamscel er twee (één paar).
 - Diploïd wordt weergegeven met $2n$, waarbij n staat voor het aantal paren chromosomen.
 - Bij de mens bevat elke lichaamscel 46 chromosomen.
 - Bij de mens geldt: $n = 23$ en $2n = 46$.
- Geslachtscellen zijn haploïd: van elk type chromosoom bevat een geslachtscel er één.
 - Haploïd wordt weergegeven met n .
 - Bij bevruchting versmelten twee geslachtscellen waardoor een diploïde zygote ontstaat.
- Bij meiose worden uit diploïde moedercellen haploïde geslachtscellen gevormd.
 - Meiose bestaat uit twee elkaar opvolgende delingen: meiose I en meiose II.
- Meiose I (reductiedeling): $2n \rightarrow n + n$.
 - Er ontstaan twee haploïde cellen.
- Meiose II: $n + n \rightarrow n + n + n + n$.
 - Er ontstaan vier haploïde cellen.
- Bij een man vindt meiose plaats in de teelballen.
 - Zaadcellen kunnen bewegen.
- Bij een vrouw vindt meiose plaats in de eierstokken.
 - Follikel: blaasje met een eicel in een eierstok.
 - Ovulatie: het openbarsten van een rijpe follikel waardoor een eicel vrijkomt.
- Door bevruchting ontstaat uit twee haploïde cellen één diploïde cel.
 - Bevruchting vindt in een eileider plaats.
 - Door het ontstaan van een bevruchtingsmembraan kan maar één zaadcel een eicel bevruchten.

LEERDOEL 5 ►► BASISSTOF 2

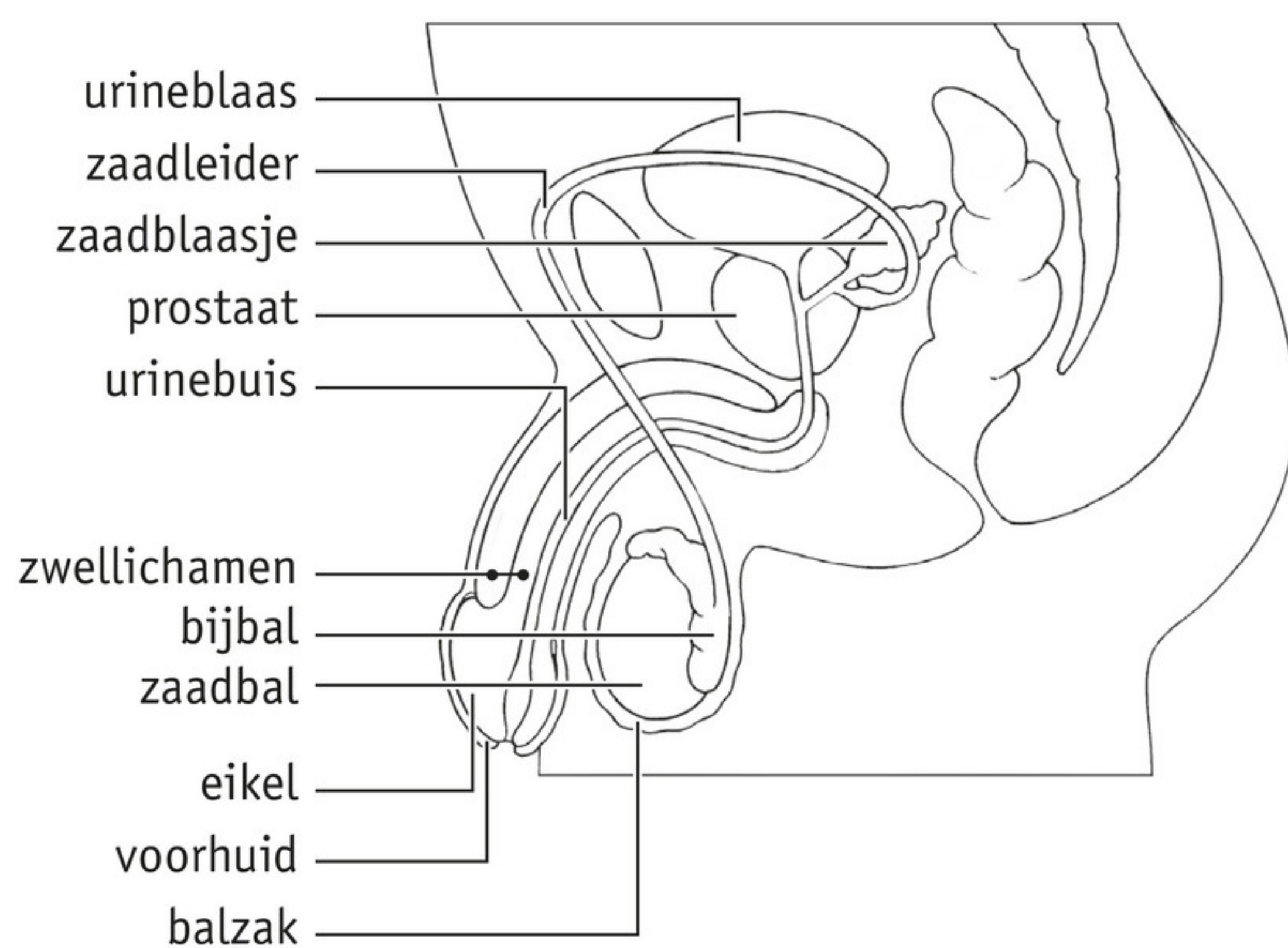
Je kunt beschrijven hoe geslachtelijke voortplanting bij bloemplanten plaatsvindt.

- Bloemen zijn voortplantingsorganen.
 - Meeldraad: vormt stuifmeelkorrels (n) in de helmknoppen.
 - Stamper: bevat vruchtbeginsel met een of meer zaadbeginsels. Elk zaadbeginsel bevat één eicel.
- Na bestuiving kan uit een stuifmeelkorrel een stuifmeelbuis groeien naar een zaadbeginsel.
- Bevruchting: de kern van een stuifmeelkorrel versmelt met een eicelkern: er ontstaat een zygote ($2n$).
- Na de bevruchting ontwikkelt zich zaad uit het zaadbeginsel.
 - Zaad: bestaat uit een kiem en een voorraad voedsel.
 - Kiem: embryo van het nieuwe plantje.

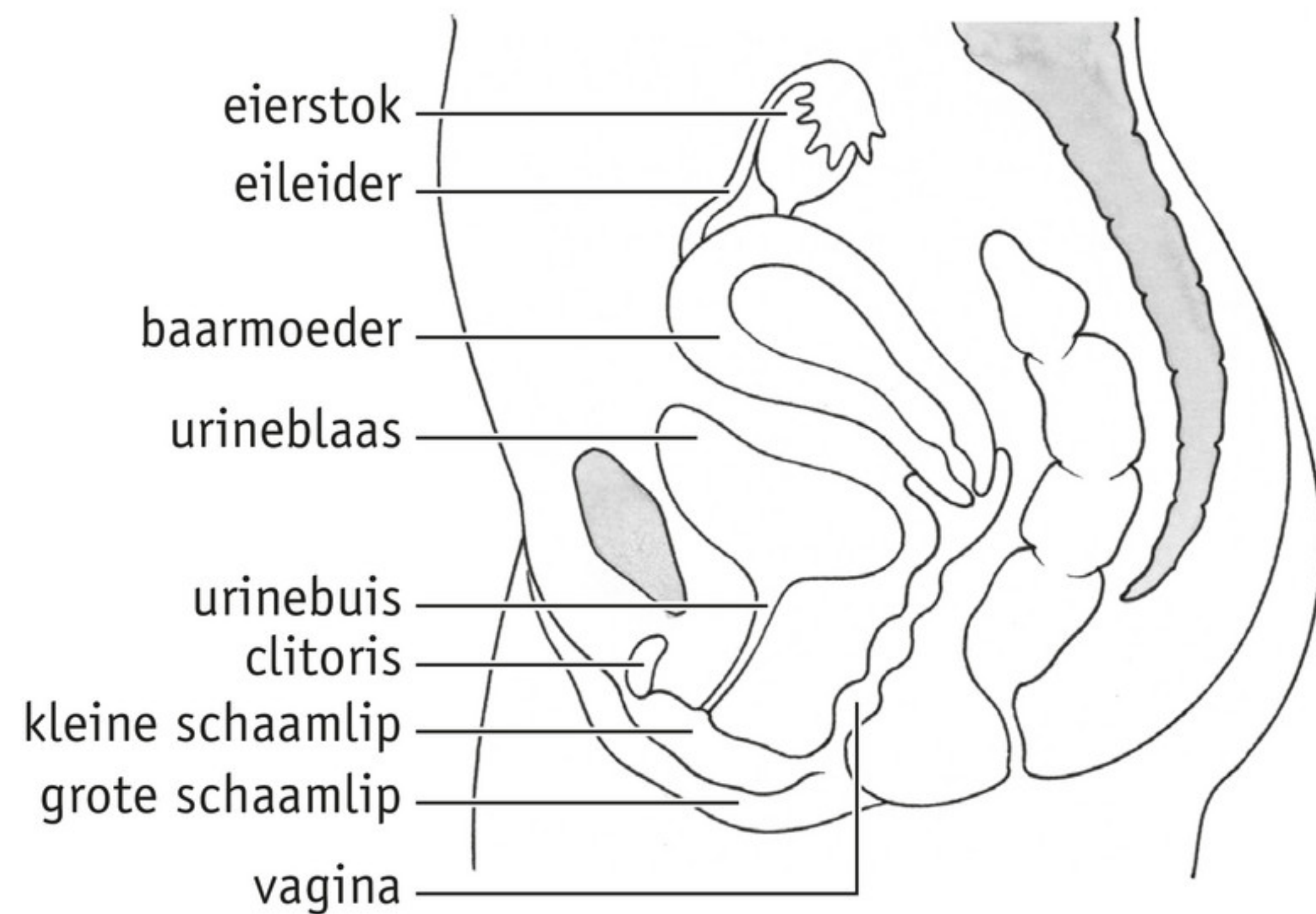
LEERDOEL 6 ►► BASISSTOF 2

Je kunt de delen en werking van het voortplantingsstelsel van de mens beschrijven.

- Delen van het voortplantingsstelsel van de man, zie afbeelding 1.

▼ **Afb. 1** Het mannelijk voortplantingsstelsel.

- Delen van het voortplantingsstelsel van de vrouw, zie afbeelding 2.

▼ **Afb. 2** Het vrouwelijk voortplantingsstelsel.

LEERDOEL 7 ►► BASISSTOF 3

Je herkent de werking van hormonen bij de voortplanting van de mens.

- Hormoonklieren geven hormonen af aan het bloed.
 - Hormonen zijn chemische stoffen die processen in het lichaam regelen.
 - Een hormoon kan zijn eigen aanmaak remmen of de aanmaak van een ander hormoon stimuleren.
- Geslachtshormonen: stoffen die via het bloed de werking van de voortplantingsorganen regelen.
 - Mannelijk geslachtshormoon: testosteron.
 - Vrouwelijk geslachtshormoon: oestrogeen.
- De hypothalamus geeft hormonen af die de werking van de hypofyse beïnvloeden, o.a. GnRH (gonadotropine releasing hormoon).
- De hypofyse geeft o.a. de hormonen FSH en LH af aan het bloed.
 - GnRH beïnvloedt de afgifte van FSH en LH.
- FSH (follikelstimulerend hormoon).
 - Bij vrouwen: stimuleert de follikelgroei en de afgifte van oestrogeen.
 - Bij mannen: stimuleert de vorming van zaadcellen.
- LH (luteïniserend hormoon).
 - Bij vrouwen: beïnvloedt de ovulatie en het ontstaan en in stand houden van het gele lichaam.
 - Bij mannen: stimuleert de afgifte van testosteron door de teelballen.
- Menstruatiecyclus: vrouwelijke voortplantingscyclus met vierwekelijkse terugkeer van de menstruatie.
 - Begint op de eerste dag van de menstruatie (= veertien dagen na de ovulatie).
 - In de periode tot de ovulatie produceert de hypofyse FSH en LH.
 - Halverwege de menstruatiecyclus: ovulatie (eisprong).

- Onder invloed van LH neemt een rijpe follikel veel vocht op en barst open.
- Na de ovulatie blijft onder invloed van LH het gele lichaam in stand en produceert oestrogeen en progesteron.
- Aan het eind van de menstruatiecyclus verdwijnt het gele lichaam door gebrek aan LH en wordt het baarmoederslijmvlies afgestoten (menstruatie).

LEERDOEL 8 ►► BASISSTOF 4

Je kunt de ontwikkeling van zygote tot volgroeide baby beschrijven.

- In een eileider begint de ontwikkeling van een zygote tot een embryo.
 - De zygote ondergaat klievingsdelingen (delingen zonder groei).
- Innesteling.
 - Het klompje cellen nestelt in het baarmoederslijmvlies.
 - Het embryo vormt de eerste drie maanden het hormoon HCG (humaan choriongonadotrofine) waardoor het gele lichaam in stand blijft.
 - Het gele lichaam vormt progesteron waardoor geen nieuwe eicellen tot ontwikkeling komen.
 - Na drie maanden vergaat het gele lichaam, waarna de placenta de productie van HCG en progesteron overneemt.
 - Het vruchtwater beschermt het embryo.
- In de placenta vindt uitwisseling van stoffen plaats door diffusie en actief transport.
 - De navelstreng bevat bloedvaten en verbindt het embryo met de placenta.
 - Voedingsstoffen en zuurstof gaan van het bloed van de moeder naar het bloed van het embryo.
 - Afvalstoffen gaan van het bloed van het embryo naar het bloed van de moeder.
 - Ook ziekteverwekkers, sommige geneesmiddelen, alcohol, nicotine en drugs kunnen door de vliezen in de placenta heen.
- Foetus: vanaf de achtste week na de bevruchting.
- Celdifferentiatie: uit stamcellen ontstaan gespecialiseerde cellen.

LEERDOEL 9 ►► BASISSTOF 4

Je kunt fasen van de geboorte toelichten.

- Indaling.
 - Door samentrekkingen van de baarmoederwand komt het hoofdje van de foetus in de bekkenholte te liggen.

- Ontsluiting.
 - Door weeën (samentrekkingen van de baarmoeder) worden de baarmoederhals en de baarmoedermond wijder.
 - Tijdens de ontsluiting breken vaak de vruchtvliezen.
- Uitdrijving.
 - Door persweeën komt het kind ter wereld.
- Nageboorte.
 - De placenta, de resten van de navelstreng en de vruchtvliezen worden uitgedreven.

LEERDOEL 10 ►► BASISSTOF 5

Je weet dat vanaf de puberteit en adolescentie seksualiteit een rol speelt.

- Puberteit is de periode waarin het lichaam volwassen wordt.
 - De puberteit loopt gemiddeld van 10 tot 17 jaar.
- Adolescentie is de periode waarin een mens geestelijk volwassen wordt.
 - De adolescentie loopt van (het einde van) de puberteit tot 20–25 jaar.
 - Tijdens de adolescentie wordt een mens zelfstandig.
- Tijdens de puberteit ontwikkelen zich de secundaire geslachtskenmerken.
 - Er treden lichamelijke veranderingen op en veranderingen in gedrag.

LEERDOEL 11 ►► BASISSTOF 5

Je kunt seksualiteit toelichten en een mening geven over verschillende vormen van seksualiteit.

- Seksualiteit zijn gedachten, gevoelens en handelingen die te maken hebben met seks.
- Seksualiteit speelt een rol bij het vormen en onderhouden van een relatie.
 - In verschillende culturen wordt verschillend met seksualiteit omgegaan.
 - Seksualiteit kan gericht zijn op iemand van de andere sekse (heteroseksualiteit), op iemand van dezelfde sekse (homoseksualiteit) of op beide (biseksualiteit).
- Gender: geheel van psychologische, culturele en sociale kenmerken van een sekse.
 - Transgender: iemand voelt zich anders dan het geslacht waarmee hij of zij is geboren.
- Seksueel geweld: iemand dwingt een andere persoon tot seksueel contact.
 - Bijv. loverboys (of -girls), grooming.
- Seksueel misbruik: seksuele handelingen vinden plaats zonder de instemming van de ander of de ander kan vanwege leeftijd, afhankelijkheid of geestelijke gezondheid niet duidelijk maken dat de handelingen ongewenst zijn.
 - Bijv. aanranding, verkrachting, incest.

LEERDOEL 12 ►► BASISSTOF 6

Je kunt de risico's op infectie met seksueel overdraagbare aandoeningen toelichten.

- Een soa (seksueel overdraagbare aandoening) is een infectieziekte.
 - Soa's worden overgedragen via sperma, bloed, vaginaal vocht en bij contact van slijmvliesen.
- Veilig vrijen: maatregelen nemen om de kans op een soa te verkleinen.
- Voorbeelden van soa's:
 - chlamydia, gonorroe en syfilis; zijn te behandelen met antibiotica;
 - aids en herpes genitalis; zijn niet te genezen.
- Aids wordt veroorzaakt door hiv.
 - Iemand die niet ziek is maar wel met hiv is besmet, wordt seropositief genoemd.
- Met een soatest wordt onderzocht of je een soa hebt.

LEERDOEL 13 ►► BASISSTOF 6

Je kent methoden om zwangerschap te voorkomen en hun voor- en nadelen.

- Anticonceptie: voorkomen van zwangerschap.
- Voorbehoedmiddelen: hulpmiddelen bij het voorkomen van zwangerschap.
- Hormonale regulatie, bijv. anticonceptiepil, prikpil, anticonceptiestaaftje, hormoonpleister en anticonceptiering.
 - De anticonceptiepil is het meest gebruikte voorbehoedmiddel.
 - De pil bevat hormonen die in werking overeenkomen met progesteron en oestrogeen. Daardoor worden eicelrijping en ovulatie onderdrukt.
 - De anticonceptiepil is betrouwbaar en gemakkelijk in het gebruik.
- Een condoom voorkomt dat zaadcellen in de vagina komen.
 - Een condoom beschermt ook tegen soa's.
 - Een condoom is betrouwbaar bij juist gebruik.
- Een spiraaltje voorkomt innesteling.
 - Wordt door een arts in de baarmoeder geplaatst.
 - Een spiraaltje is betrouwbaar bij juist gebruik.
- Sterilisatie: onderbreken van de zaadleiters bij de man en eileiters bij de vrouw.
 - Sterilisatie is een definitieve anticonceptiemethode.
 - Sterilisatie is erg betrouwbaar.
- Periodieke onthouding: geen geslachtsgemeenschap tijdens de vruchtbare periode.
 - Vruchtbare periode: van ongeveer drie dagen voor tot één dag na de ovulatie.
 - Temperatuurmeting: de lichaamstemperatuur stijgt licht tijdens de ovulatie.
 - Bij juist gebruik is periodieke onthouding met temperatuurmeting betrouwbaar.

LEERDOEL 14 ►► BASISSTOF 6

Je kunt biologische en ethische argumenten herkennen met betrekking tot ingrijpen in het voortplantingsproces van de mens.

- Oorzaken van verminderde vruchtbaarheid.
 - Leeftijd: vooral bij vrouwen neemt de vruchtbaarheid na het 30e levensjaar af.
 - Leefstijl: voeding, alcoholgebruik, roken, bepaalde geneesmiddelen, straling en gevaarlijke stoffen.
 - Infecties zoals soa's.
 - Hormoonstoornissen.
- Manieren om ondanks verminderde vruchtbaarheid zwanger te worden.
 - Kunstmatige inseminatie (ki): inbrengen van zaadcellen in de baarmoeder zonder seks te hebben.
 - In-vitrofertilisatie (ivf): bevruchting vindt buiten het lichaam plaats.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt de volgende vaardigheden geoefend:

- doelgericht zoeken, selecteren en verwerken van informatie;
- analyseren welke rol voortplanting heeft in beroepen en de dagelijkse praktijk;
- geven van een beargumenteerde mening;
- herkennen en gebruiken van biologische en ethische argumenten;
- vorm-functiedenken op de niveaus van moleculen, cellen en organen.

3

Genetica

Genetica of erfelijkheidsleer is de wetenschap die bestudeert hoe eigenschappen kunnen worden doorgegeven van ouders aan nakomelingen. In dit thema leer je de manieren waarop erfelijke eigenschappen kunnen overerven en ga je erfelijkheidsvraagstukken oplossen. Een voorbeeld van zo’n vraagstuk is: ‘Als de vader en de moeder beiden zwart haar hebben, kan het kind dan blond haar hebben?’

ONTDEKKEN	
Een gouden missie	122
BASISSTOF	
1 Fenotype en genotype	124
2 Genenparen	129
3 Monohybride kruisingen	137
4 Geslachtschromosomen	145
5 Speciale manieren van overerven	152
6 Opvoeding of aanleg	158
SAMENHANG	
Hoogtebestendige Tibetanen	161
PRACTICA	163
SAMENVATTING	165
EXAMENTRAINER	168







Een gouden missie

►► BASISSTOF 5 EN 6

Met Anky van Grunsven, meervoudig Olympisch kampioen amazone, heeft Nederland een grote traditie in de paardensport. Maar om dressuurwedstrijden te blijven winnen, heeft Nederland een toppaard nodig. Met slimme kruisingen kun je ervoor zorgen dat Nederland een goede opvolger krijgt van Totilas, het beste paard ooit.

Om kans te maken op de Olympische Spelen van 2028 investeert Nederland via het NOC-NSF veel geld in de sport. Een van de speerpunten is de paardensport. In het verleden is erg goed gescoord bij het onderdeel dressuur. De amazone Anky van Grunsven is zelfs de meest succesvolle Olympiër aller tijden. Individueel won ze maar liefst drie keer goud en één keer zilver voor Nederland. En met het landenteam haalde ze nog eens vier Olympische medailles tussen 1992 (Barcelona) en 2012 (Londen). Wat dat betreft kun je als dressuurruiter lang aan topsport doen. Dat geldt niet voor de toppaarden. Die halen zelden meer dan twee Olympische Spelen. Bovendien kunnen de beste paarden worden weggekocht en voor een ander land uitkomen. Zo werd de hengst Totilas – de gedoodverfde kampioen voor de Olympische Spelen in Londen – eind 2010 voor een recordbedrag aan Duitsland verkocht en liep Nederland een gouden medaille mis.

Als Nederland in 2028 in de paardensport veel medailles wil halen, zou het geen gek idee zijn om nu met een fokprogramma voor dressuurpaarden te starten. Met het geld van de investeerders, de nieuwste vruchtbaarheids-technieken en de kennis van paardenfokkerij in Nederland moet het mogelijk zijn dat de Olympische ploeg in 2028

beschikt over een stel paarden van absolute wereldklasse. Welk paard is de opvolger van Totilas?

Hoe fok je een topper?

‘Het is een hele uitdaging om het perfecte toppaard te fokken,’ aldus een paardenfokker. ‘Het KWPN berekent fokwaarden van hengsten en merries. Fokwaarden zijn schattingen van de genetische aanleg bijvoorbeeld voor de paardensport en ook voor het uiterlijk. Ik vertel je eerst wat meer over het ontstaan van de vachtkleur (zie afbeelding 1).

‘In 2028 beschikt Nederland over paarden van wereldklasse.’

Eenvoudig uitgelegd is het als volgt: Bij het ontstaan van de vachtkleur (fur) zijn verschillende allelen betrokken:

- f zorgt voor een zwarte vacht;
- F^a zorgt voor een bruine vacht;
- F^A zorgt voor een roodachtige kleur; de voskleur.

Allel F^A is dominant over allel F^a en is ook dominant over allel f . Allel F^a is alleen dominant over allel f .
Natuurlijk is de kleur van de vacht niet het allerbelangrijkst, maar het laat wel zien hoe ingewikkeld het is!

opdrachten

Jij bent een van de jonge getalenteerde dressuurruiters die in de toekomst op de nieuwe 'Totilas' zal gaan rijden. Samen met een collega mag je meedenken over het perfecte paard waar je successen mee zou kunnen behalen. Elke prestatie van een paard is een optelsom van genetische aanleg en milieufactoren, zoals training, gezondheid, voeding en de ruiter. In de paardenfokkerij gaat het om aanleg. Fokkers van KWPN-paarden (Koninklijk Warmbloed Paardenstamboek Nederland) maken een match door de eigenschappen van merries en hengsten bij elkaar te zoeken om perfecte nakomelingen te krijgen voor de paardensport.

- 1 Welke eigenschappen zijn belangrijk voor jullie perfecte dressuurpaard? Omschrijf zo gedetailleerd mogelijk het fenotype van het perfecte dressuurpaard. Gebruik hierbij eventueel een bron op internet. Denk aan bouw, schofthoogte (stokmaat), karakter, beweging en vachtkleur. Welke naam krijgt jullie paard?
- 2 De fokker legt uit hoe vachtkleuren ontstaan. Welke genotypen zijn mogelijk bij een zwarte, bruine en voskleur?
- 3 In de paardenfokkerij dekt één bepaalde hengst vaak verschillende merries. De zwarte hengst Dream Boy is een perfecte dekhengst en heeft voor veel nakomelingen gezorgd die geschikt zijn voor de dressuursport. In afbeelding 2 zie je de stamboom van Dream Boy.
 - a Welke genotypen van de vachtkleur hebben Dream Boy, zijn ouders en grootouders? Maak een stamboom van de genotypen.
 - b Welke vachtkleur zal Renate hebben volgens de uitleg van de fokker? Leg je antwoord uit.

▼ Afb. 1 Vachtkleuren bij paarden.



1 zwart

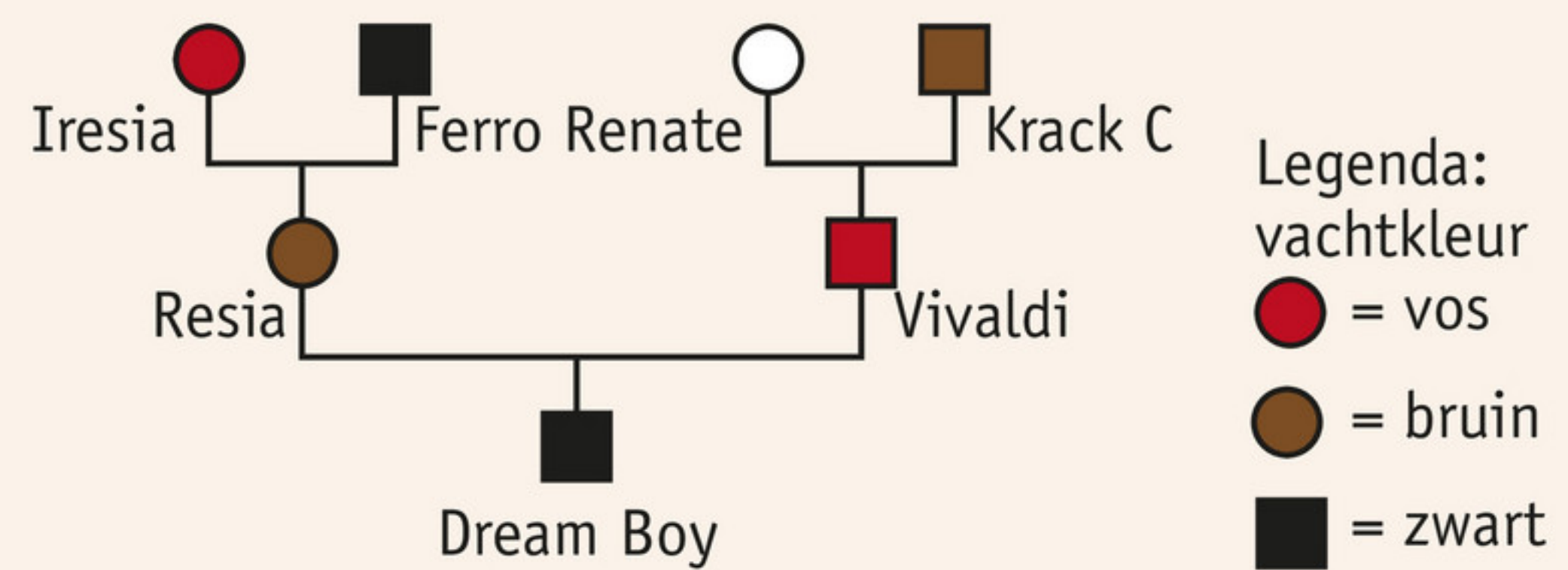


2 bruin



3 vos

▼ Afb. 2 Stamboom van dekhengst Dream Boy.



- 4 Dreamboy zal de vader zijn van jullie paard. De fokkers van KWPN hebben alvast een aantal merries voor jullie uitgezocht:
 - Danilinda (zwart) met vader Wynton (zwart) en moeder Vannilinda (zwart)
 - Gabbana (vos) met vader Bretton Woods (zwart) en moeder Naara (vos)
 - Tikita (bruin) met vader Havidoff (bruin) en moeder Nikita (bruin)
 - Zetha (vos) vader Don Primaire (bruin) en moeder Ezetha (vos)
 Welke merrie is het meest geschikt om de gewenste vachtkleur bij jullie paard te krijgen? Maak een kruisingsschema en beargumenteer jullie keuze.

Bij de keuze voor een merrie hebben jullie naast de vachtkleur natuurlijk ook naar andere erfelijke eigenschappen gekeken. Sperma van Dream Boy is bij de meest geschikte merrie geïnsemineerd en na bijna twaalf maanden komt het veulen ter wereld. Om met jullie topdressuurpaard in 2028 een medaille te winnen is veel nodig. Waar houd je rekening mee? Wat kun je vanaf de geboorte doen om het beste uit het paard te halen en het klaar te stomen voor een perfecte dressuurproef? Welke epigenetische factoren spelen een rol?

- 5 Maak voor de website van het maandblad *Hoefslag* een blog van maximaal vierhonderd woorden. Hierin stellen jullie het nieuwe toppaard voor aan Nederland. Beschrijf hierin hoe de komende jaren er voor jullie en je paard uit gaan zien en zorg voor enkele passende afbeeldingen. Gebruik bronnen op internet of interview indien mogelijk iemand die werkt bij een paardenfokkerij (stoeterij).

Leerdoelen

- Je kunt omschrijven wat het fenotype en wat het genotype van een organisme is.
- Je kunt omschrijven wat DNA-sequentie en genexpressie betekenen.
- Je kunt uitleggen dat een fenotype tot stand komt door de combinatie van genotype en de invloed van milieufactoren.

1 Fenotype en genotype

Over een pasgeboren baby hoor je vaak: ‘Ik vind dat hij op zijn moeder lijkt’, of: ‘Hij heeft de ogen van zijn vader’. Niet alle eigenschappen van een kind zijn afkomstig van de ouders. Welke eigenschappen zijn erfelijk en welke niet?

FENOTYPE EN GENOTYPE

Elk organisme lijkt in meer of mindere mate op de ouders. Een pasgeboren baby bijvoorbeeld heeft eigenschappen van de vader en de moeder. Maar de baby kan ook eigenschappen hebben die bij de vader en de moeder niet zichtbaar zijn. Alle waarneembare eigenschappen van een individu noem je het **fenotype**. Hierbij horen eigenschappen zoals haarkleur, oogkleur en lichaamsgeur, maar ook eigenschappen zoals bloedgroep en kleurenblindheid. De informatie voor erfelijke eigenschappen ligt op de chromosomen. Erfelijke eigenschappen worden doorgegeven van de ouders aan de nakomeling via de chromosomen in een zaadcel en een eicel. De chromosomen in de zaadcel bevatten de informatie voor een aantal erfelijke eigenschappen, afkomstig van de vader. De chromosomen in de eicel bevatten de informatie voor een aantal erfelijke eigenschappen, afkomstig van de moeder. Bij de bevruchting komt deze informatie bij elkaar. Vanaf dat moment ligt vast welke erfelijke eigenschappen een nakomeling heeft gekregen van de vader en welke van de moeder. De informatie voor alle erfelijke eigenschappen van dat individu noem je het **genotype**.

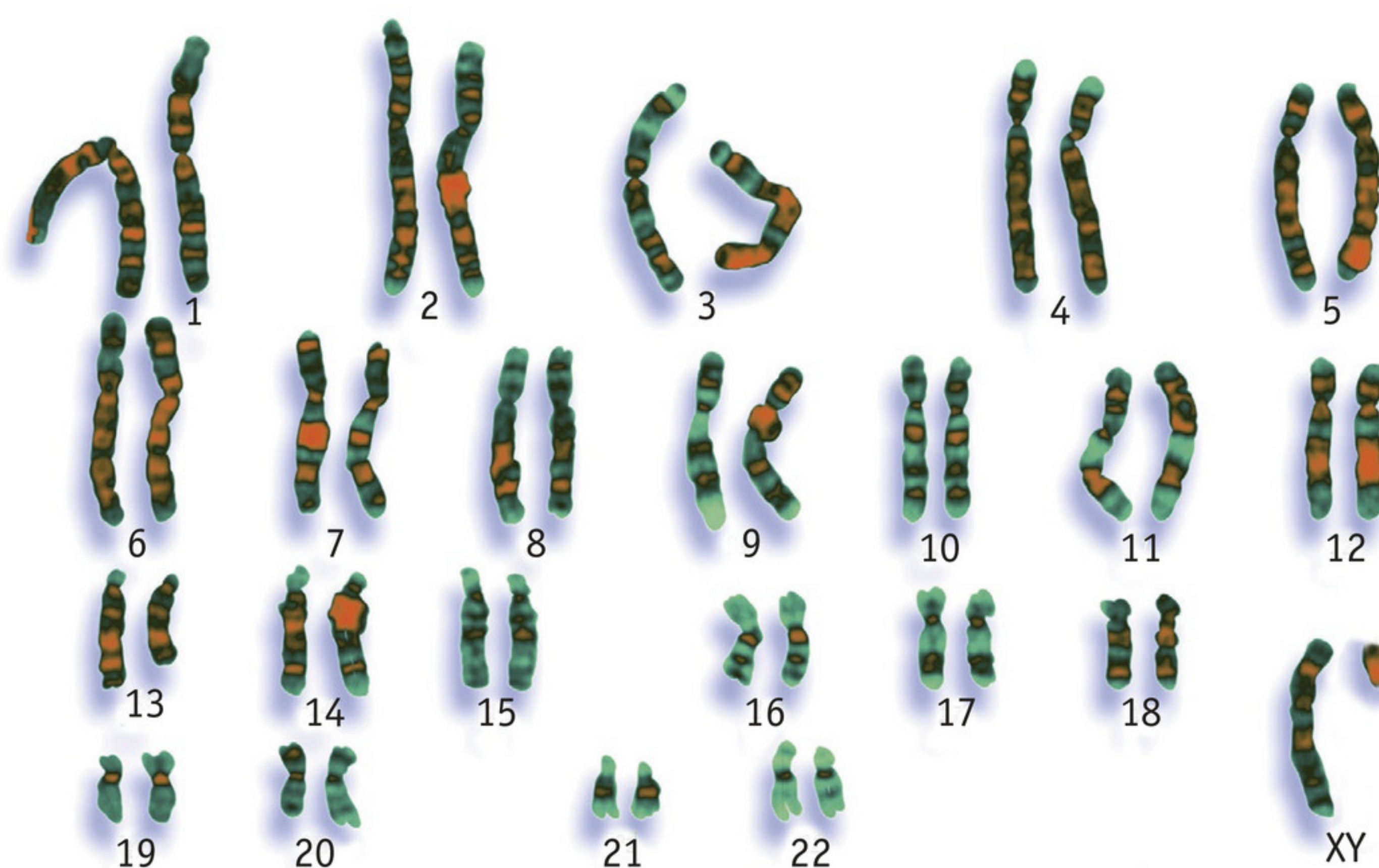
CHROMOSOMEN

Chromosomen zijn langgerekte dunne ‘draden’ in de celkern. In de meeste cellen zijn chromosomen niet te zien met een lichtmicroscop. Alleen bij delende cellen zijn chromosomen zichtbaar.

In afbeelding 1 zijn de 46 chromosomen van een man naar grootte in paren gerangschikt. Er kunnen 22 chromosomenparen worden gevormd. Deze 44 chromosomen noem je **autosomen**. Doordat elk chromosoom van een chromosomenpaar gelijk is in lengte en vorm, heten twee chromosomen van zo’n paar **homologe chromosomen**.

Met het 23e chromosomenpaar kan het geslacht van een individu worden bepaald. Daarom heten deze chromosomen de **geslachtschromosomen**. Bij de man zijn deze niet aan elkaar gelijk, maar vormen wel een paar. Bij de vrouw zijn de geslachtschromosomen wel aan elkaar gelijk.

► **Afb. 1** Chromosomen van een man.

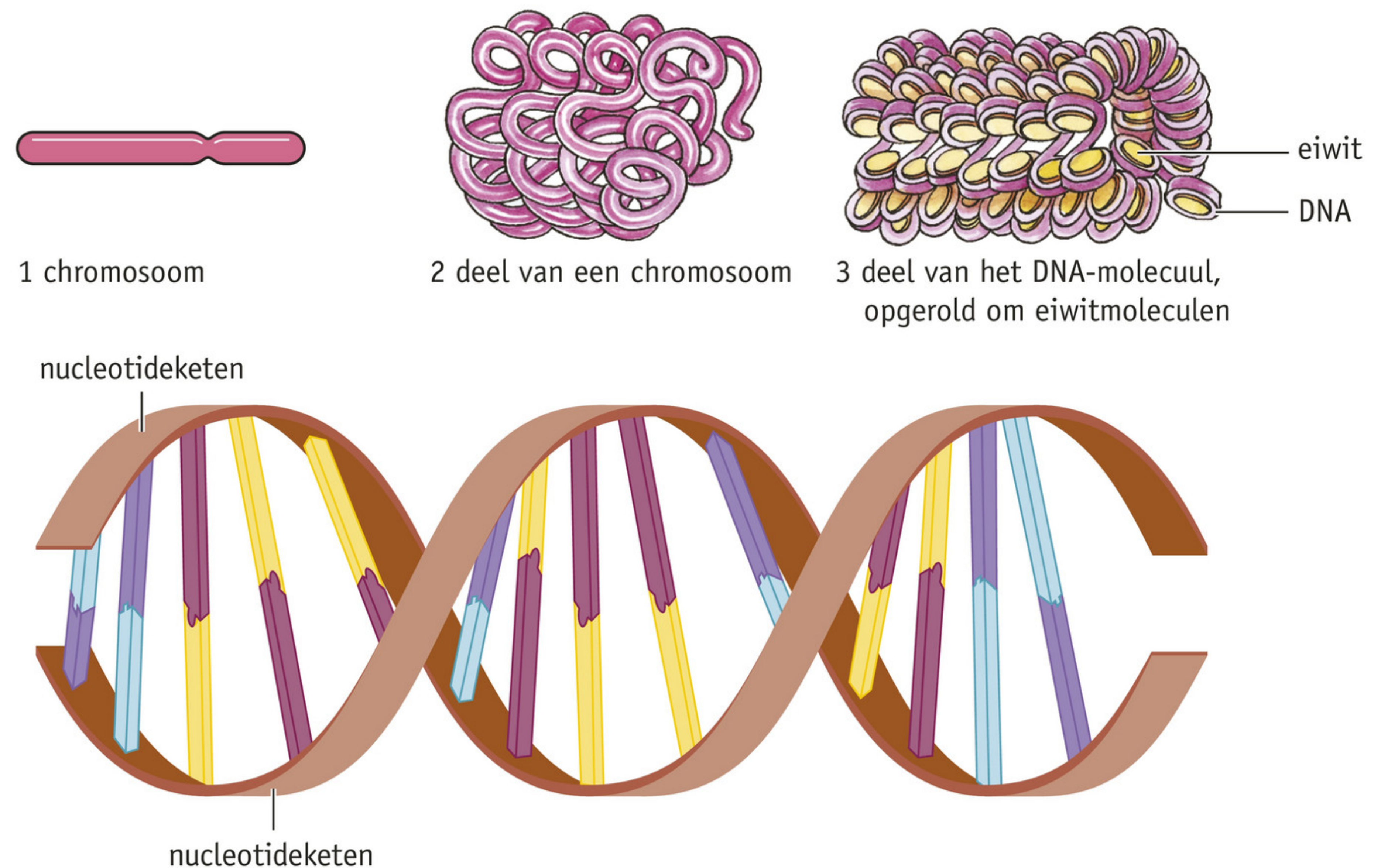


GENEN

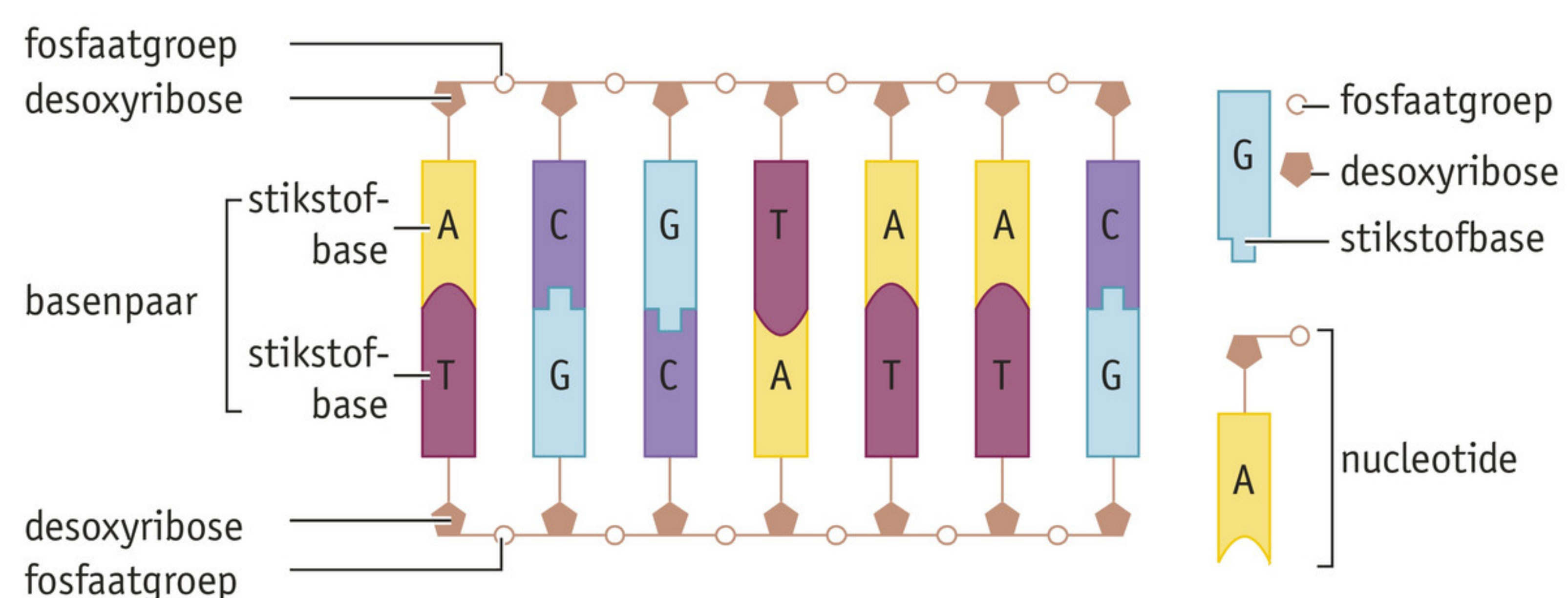
Een **gen** is een deel van een chromosoom dat de informatie bevat voor een of meer erfelijke eigenschappen. Vaak is bij een bepaalde eigenschap meer dan één gen betrokken. Er zijn bijvoorbeeld meerdere genen betrokken bij de kleur van je ogen, je lichaamslengte en bij het ontstaan van kanker.

Een chromosoom bevat één zeer lang molecuul van de stof DNA en veel eiwitmoleculen. Het DNA-molecuul bestaat uit twee ketens die in een dubbele spiraal om elkaar heen gewonden liggen (zie afbeelding 2).

► **Afb. 2** De bouw van een chromosoom met DNA (schematisch).



4 Een DNA-molecuul is opgebouwd uit twee ketens, die in een dubbele spiraal om elkaar heen liggen.



5 Een DNA-molecuul bestaat uit twee ketens van aan elkaar gekoppelde nucleotiden.

DNA is opgebouwd uit vier verschillende bouwstenen: de **nucleotiden**. Een nucleotide bestaat uit een fosfaatgroep, desoxyribose en een stikstofbase. Elke keten bestaat uit vele duizenden aan elkaar gekoppelde nucleotiden. In cellen van schimmels, planten en dieren bevindt DNA zich in de kern (kernDNA) en in mitochondriën. In een plantaardige cel komt DNA daarnaast ook voor in bladgroenkorrels. Alle DNA-moleculen in een cel noem je het **genoom** van een organisme.

In een DNA-molecuul komen vier verschillende stikstofbasen voor: adenine (A), thymine (T), cytosine (C) en guanine (G). De stikstofbasen van de twee ketens zijn met elkaar verbonden. Ze vormen vaste paren; je noemt dit dan ook **basenparing**. Adenine is steeds met thymine verbonden, cytosine steeds met guanine. Een chromosoom bevat een groot aantal genen. Eén gen, zoals het gen voor de haarkleur, bestaat uit honderden nucleotiden. De stikstofbasen in een gen zijn in een specifieke volgorde of sequentie gerangschikt. Dit noem je **DNA-sequentie**. In deze volgorde kunnen variaties voorkomen. Zo'n variatie heet een **allel**, waarbij er verschillende vormen van een gen voor een bepaalde eigenschap bestaan. Zo bevat het allel voor zwarte haarkleur een andere volgorde van stikstofbasen dan het allel voor blonde haarkleur.

Genen kunnen worden aan- en uitgezet. Als genen worden aangezet, komen erfelijke eigenschappen tot uiting. Je spreekt dan van **genexpressie**. Staan genen uit, dan spreek je van **inactivatie**. Een voorbeeld: in bepaalde cellen van je hoofdhuid staan de genen aan die betrokken zijn bij de vorming van hoofdharen. Deze genen staan uit in de levercellen.

INVLOED VAN MILIEUFACTOREN EN MODIFICATIES

Het genotype bepaalt vele eigenschappen van een individu. Toch bepaalt het genotype niet in zijn eentje het fenotype van een individu. Het fenotype wordt bepaald door het genotype en door **milieufactoren**. Voorbeelden van milieu-factoren die het fenotype beïnvloeden zijn licht, lucht (roken, luchtvervuiling), vochtigheid, temperatuur, voeding, ziekten en opvoeding. Het fenotype van een eik bijvoorbeeld verandert als er door een storm takken van de eik afbreken. Een dergelijke verandering noem je een **modificatie**. Bij een modificatie verandert de informatie in de chromosomen niet. Een modificatie wordt dus niet doorgegeven aan nakomelingen.

De invloed van het milieu op mensen begint al in de baarmoeder. Wanneer een afwijking, aandoening of ziekte in de baarmoeder ontstaat, spreek je van een **aangeboren afwijking** of aangeboren aandoening. Als deze genetisch via de ouders wordt doorgegeven, is er sprake van een **erfelijke ziekte** of erfelijke aandoening.

opdrachten

- 1
 - a Wat is het genotype van een individu?
 - b Op welk moment komt het genotype van een individu vast te liggen?
 - c Heeft een zygote een ander genotype dan een zenuwcel van het individu dat zich uit deze zygote zal ontwikkelen? Leg je antwoord uit.
- 2 Iemand kan er gelukkig of somber uitzien. Gaat het dan om het fenotype of het genotype van deze persoon? Leg je antwoord uit.
- 3
 - a Hoeveel paar homologe chromosomen hebben mannen? Leg je antwoord uit.
 - b Hoeveel paar homologe chromosomen hebben vrouwen? Leg je antwoord uit.
- 4 Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 70D).
Op welk chromosoom ligt het gen dat dyslexie bepaalt? En op welk chromosoom het gen dat borstkanker veroorzaakt? En welk gen is verantwoordelijk voor je bloedgroep?

▼ **Afb. 3** Een extreme make-over.



- 5 Maak een tabel met twee kolommen. Zet boven de ene kolom 'Erfelijke eigenschappen' en boven de andere kolom 'Modificaties'.
Noteer de eigenschappen in de juiste kolom. Kies uit: *behaarde geranium-bladeren* – *bladeren die naar het licht zijn gericht* – *blauwe ogen* – *een extreme make-over* (zie afbeelding 3) – *een huid met weinig rimpels door botoxinjecties* – *een huid met weinig rimpels door een jeugdige leeftijd* – *een litteken* – *rode bloemen* – *slap hangende geraniumbladeren*.
- 6 Bij sommige diersoorten worden de geslachten op een andere manier bepaald dan door geslachtschromosomen. Bij bijen zijn de mannetjes (darren) haploïd. Darren ontwikkelen zich uit onbevuchte eicellen. Vrouwelijke bijen ontstaan uit bevruchte eicellen. Afhankelijk van de voeding ontwikkelt een zygote zich tot een koningin of een werkbij. Voor bijen geldt $n = 16$.
Zijn de verschillen tussen een werkbij en een koningin erfelijk of zijn het modificaties? Leg je antwoord uit.
- 7 Een groot drama in de geschiedenis van de geneeskunde is de introductie van het slaapmiddel Softenon rond 1960. Vrouwen gebruikten dit middel tijdens de zwangerschap. Zij kregen daardoor baby's met korte armen of benen en soms zelfs helemaal geen ledematen.
Is deze afwijking van de armen en benen (de ledematen) erfelijk of aangeboren? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Leefwereld

Blowen en risico op psychosen

▼ Afb. 4 Een joint.



Ze horen stemmen, zijn achterdochtig of denken dat ze achtervolgd worden. Mensen met psychosen lijden aan gedachten die niet kloppen met de werkelijkheid. Cannabisgebruik (wiet en hasj) heeft invloed op de aanmaak van dopamine in de hersenen dat een rol speelt bij het ontstaan van psychosen. Uit onderzoek blijkt dat cannabisgebruik het risico op psychosen verhoogt bij mensen die hier gevoelig voor zijn.

Eerder onderzoek toonde aan dat het COMT-gen een belangrijke rol zou kunnen spelen bij psychosen. Dit COMT-gen komt voor op chromosoom 22 en kent twee varianten: de Val-variant en de Met-variant. Doordat elk chromosoom van chromosomenpaar 22 een variant van dit gen heeft, zijn er drie combinaties mogelijk: Val/Val, Val/Met of Met/Met.

De Limburgse onderzoekster Cecile Henquet toonde met haar onderzoek aan dat er een verband is tussen de verschillende varianten van het COMT-gen en de ontwikkeling van psychosen na het roken van cannabis. Met bepaalde combinaties van dit gen loop je vier keer zo veel risico op de ontwikkeling van psychosen als je wiet rookt. Als je twee Val-varianten (Val/Val) op chromosomenpaar 22 hebt, loop je het meeste risico. Met de Met/Met-combinatie heb je de kleinste kans op psychosen na cannabisgebruik.

opdracht

- 8 a Het COMT-gen kent twee varianten.
Wat is een ander woord voor een ‘variant van een gen’?
- b Het gebruik van cannabis kan leiden tot een psychose.
Behoort een psychose tot het fenotype of het genotype? Leg je antwoord uit.
- c Verandert het gebruik van cannabis het genotype van de gebruiker? Leg je antwoord uit.
- d Is er bij het gebruik van cannabis sprake van een modificatie? Leg je antwoord uit.
- e Wordt bij het gebruik van cannabis erfelijke informatie doorgegeven aan nakomelingen? Leg je antwoord uit.
- f Krijgt een persoon met de Met/Met-variant na het roken van cannabis nooit een psychose? Leg je antwoord uit.

Leerdoelen

- Je kunt uitleggen hoe het fenotype van een organisme tot stand komt en hierbij de begrippen homozygoot, heterozygoot, dominant en recessief gebruiken.
- Je kunt beschrijven hoe door recombinatie nieuwe combinaties van allelen ontstaan.

2 Genenparen

Je hebt het vast weleens gezien: een kind met blauwe ogen die bruinogige ouders heeft. Dat is bijzonder, omdat dit kind de eigenschap ‘blauwe ogen’ van zijn ouders heeft gekregen, en deze eigenschap bij de ouders niet tot uiting komt.

HOMOZYGOOT EN HETEROZYGOOT

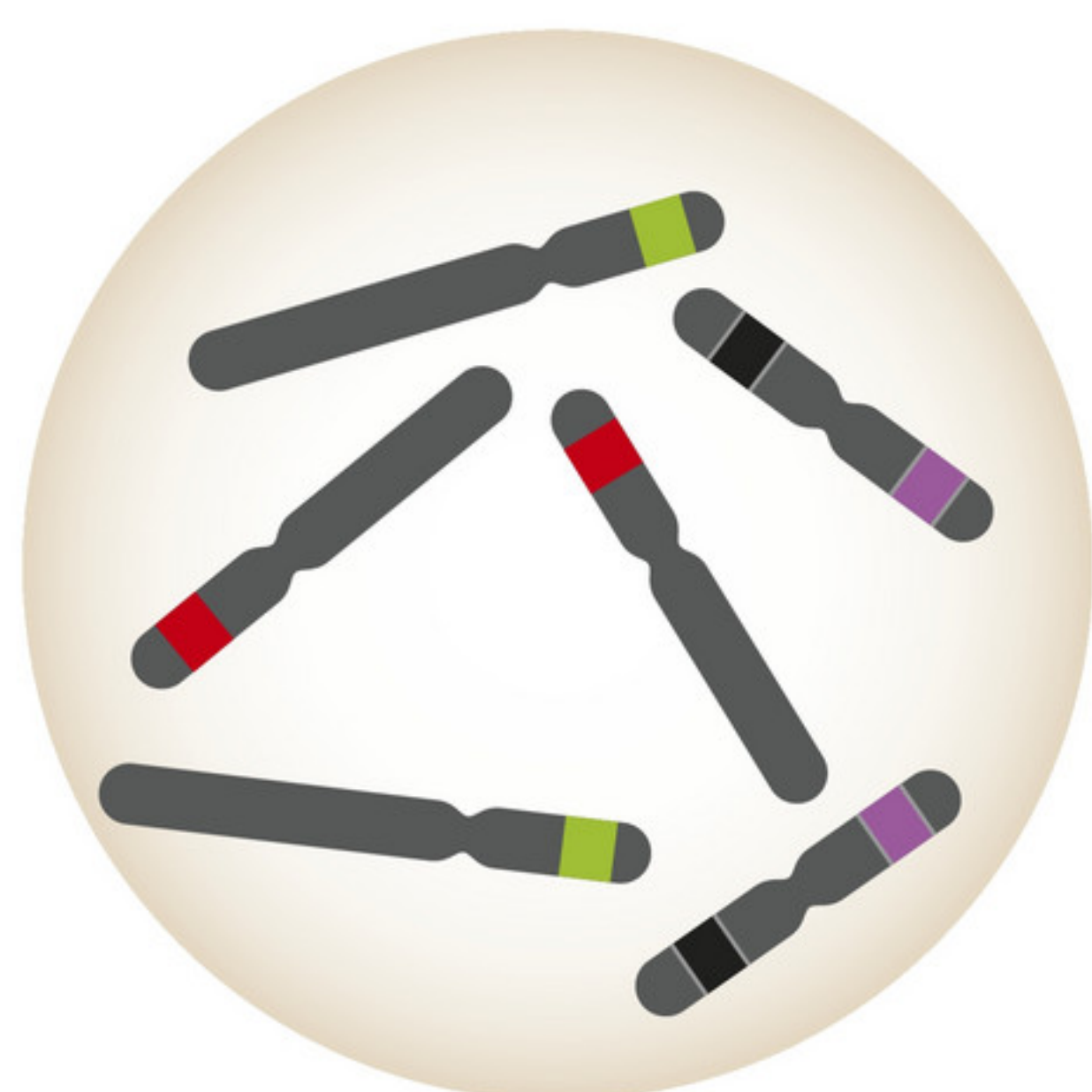
In lichaamscellen komen chromosomen en genen in paren voor (zie afbeelding 5). De plaats van een gen in een chromosoom heet een **locus**.

Homologe chromosomen komen naast lengte en vorm ook overeen in loci (meervoud van locus). Homologe chromosomen bevatten dan ook genen voor dezelfde erfelijke eigenschappen.

Een gen voor een bepaalde eigenschap kan verschillende allelen hebben. Voor de eigenschap haarlijn van het voorhoofd bestaan er allelen voor een V-vormige haarlijn en allelen voor een rechte haarlijn. Bij personen met een rechte haarlijn bestaat het **genenpaar** voor de haarlijn bijvoorbeeld uit twee allelen voor een rechte haarlijn (zie afbeelding 6.1). Bij deze personen zijn de twee allelen voor de haarlijn aan elkaar gelijk. Je noemt deze personen **homozygoot** voor de eigenschap rechte haarlijn.

Ook personen bij wie het genenpaar voor de haarlijn bestaat uit twee allelen voor een V-vormige haarlijn (zie afbeelding 6.2), zijn homozygoot voor de eigenschap V-vormige haarlijn.

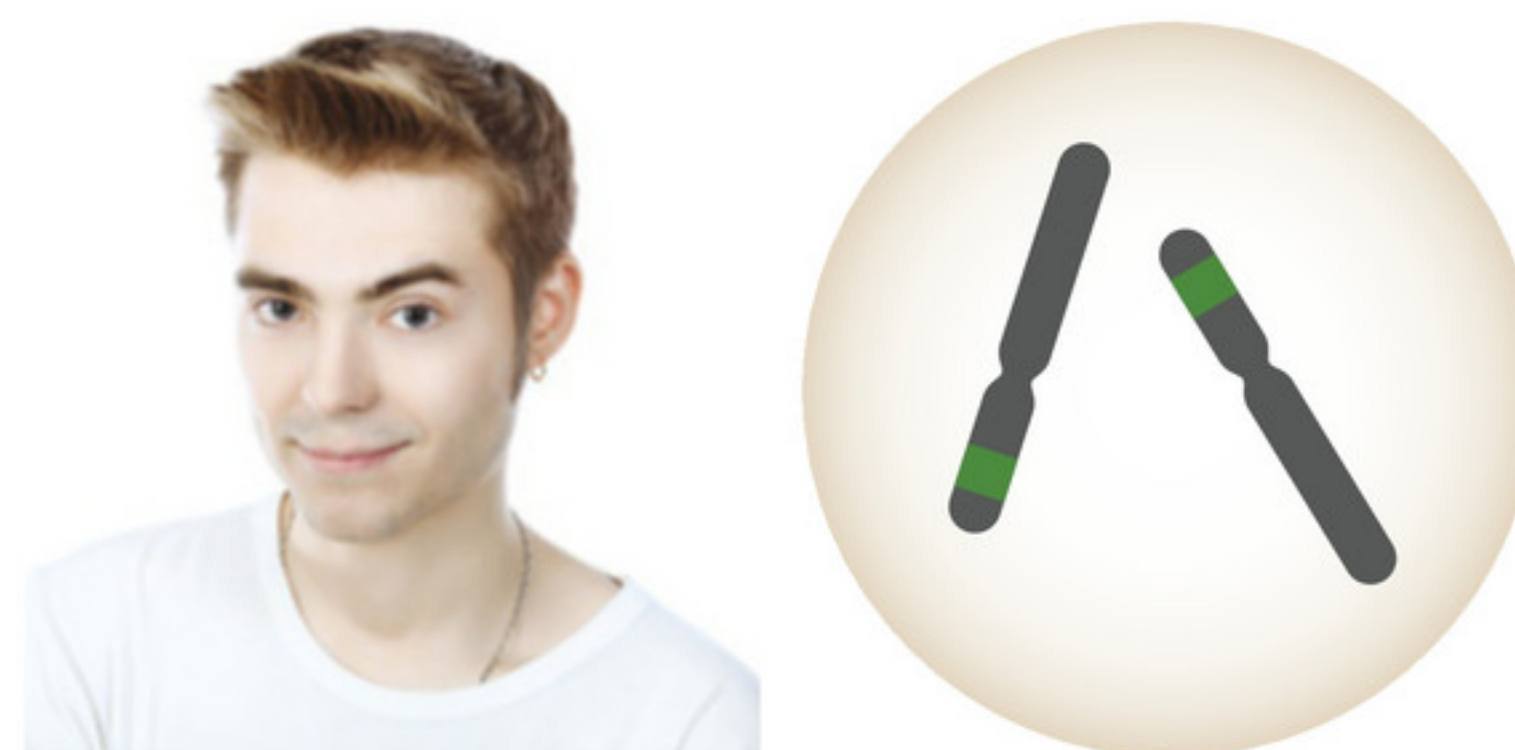
▼ **Afb. 5** Lichaamscel met chromosomen en genen (schematisch).



▼ **Afb. 6** Een rechte en een V-vormige haarlijn op het voorhoofd.



1 homozygoot voor een rechte haarlijn



2 homozygoot voor een V-vormige haarlijn



3 heterozygoot voor de haarlijn

Legenda:

 allel voor rechte haarlijn

 allel voor V-vormige haarlijn

Er zijn ook personen van wie het genenpaar voor de haarlijn bestaat uit een allel voor een rechte haarlijn en een allel voor een V-vormige haarlijn. De twee allelen voor de haarlijn zijn dan ongelijk. Deze personen zijn **heterozygoot** voor de haarlijn (zie afbeelding 6.3).

opdracht

- 9
 - a Hoeveel allelen voor één erfelijke eigenschap zijn aanwezig in een lichaamscel?
 - b Hoeveel allelen voor één erfelijke eigenschap zijn aanwezig in een geslachtscel?
 - c Bevat een zenuwcel andere allelen dan een huidcel van dezelfde persoon?

DOMINANT EN RECESSIEF

Personen die heterozygoot zijn voor de haarlijn, blijken een v-vormige haarlijn te bezitten. Slechts één van beide allelen komt tot uiting in het fenotype. Je noemt dit allel het **dominante allel**. Het andere allel noem je het **recessieve allel**. Dit allel komt alleen tot uiting in het fenotype als er geen dominant gen aanwezig is. Het dominante allel is als het ware ‘sterker’ dan het recessieve allel. De personen in afbeelding 6.2 en 6.3 hebben dezelfde haarlijn. Aan het uiterlijk is niet te zien of deze personen homozygoot zijn voor de haarlijn of heterozygoot. Personen die heterozygoot zijn, zijn drager van de recessieve eigenschap rechte haarlijn.

Voor de meeste erfelijke eigenschappen geldt dat er dominante en recessieve allelen zijn. Bij sommige erfelijke eigenschappen is het onderscheid tussen dominant en recessief minder duidelijk. Bij de mens bijvoorbeeld is het allel voor bruine oogkleur dominant over het allel voor blauwe oogkleur. Bij iemand die homozygoot is voor bruine ogen, blijken de ogen donkerder te zijn dan bij iemand die heterozygoot is voor de oogkleur (zie afbeelding 7). Bij deze eigenschap komt het recessieve allel toch een beetje tot uiting in het fenotype. Het allel voor bruine oogkleur is **onvolledig dominant**.

▼ **Afb. 7** De oogkleur bij mensen.



1 homozygoot voor blauwe ogen



2 homozygoot voor bruine ogen



3 heterozygoot voor de oogkleur

Bij leeuwenbekjes (zie afbeelding 8) bijvoorbeeld komen allelen voor een rode bloemkleur voor en allelen voor een witte bloemkleur. Geen van beide allelen is recessief. De beide allelen voor de bloemkleur zijn bij deze planten als het ware ‘even sterk’. De leeuwenbekjes die heterozygoot zijn voor de bloemkleur, hebben roze bloemen. Beide allelen voor de bloemkleur komen enigszins tot uiting in het fenotype. Een dergelijk fenotype noem je **intermediair**. Het fenotype is een mengvorm van beide allelen.

► **Afb. 8** De bloemkleur bij leeuwenbekjes.



1 homozygoot voor rode bloemkleur

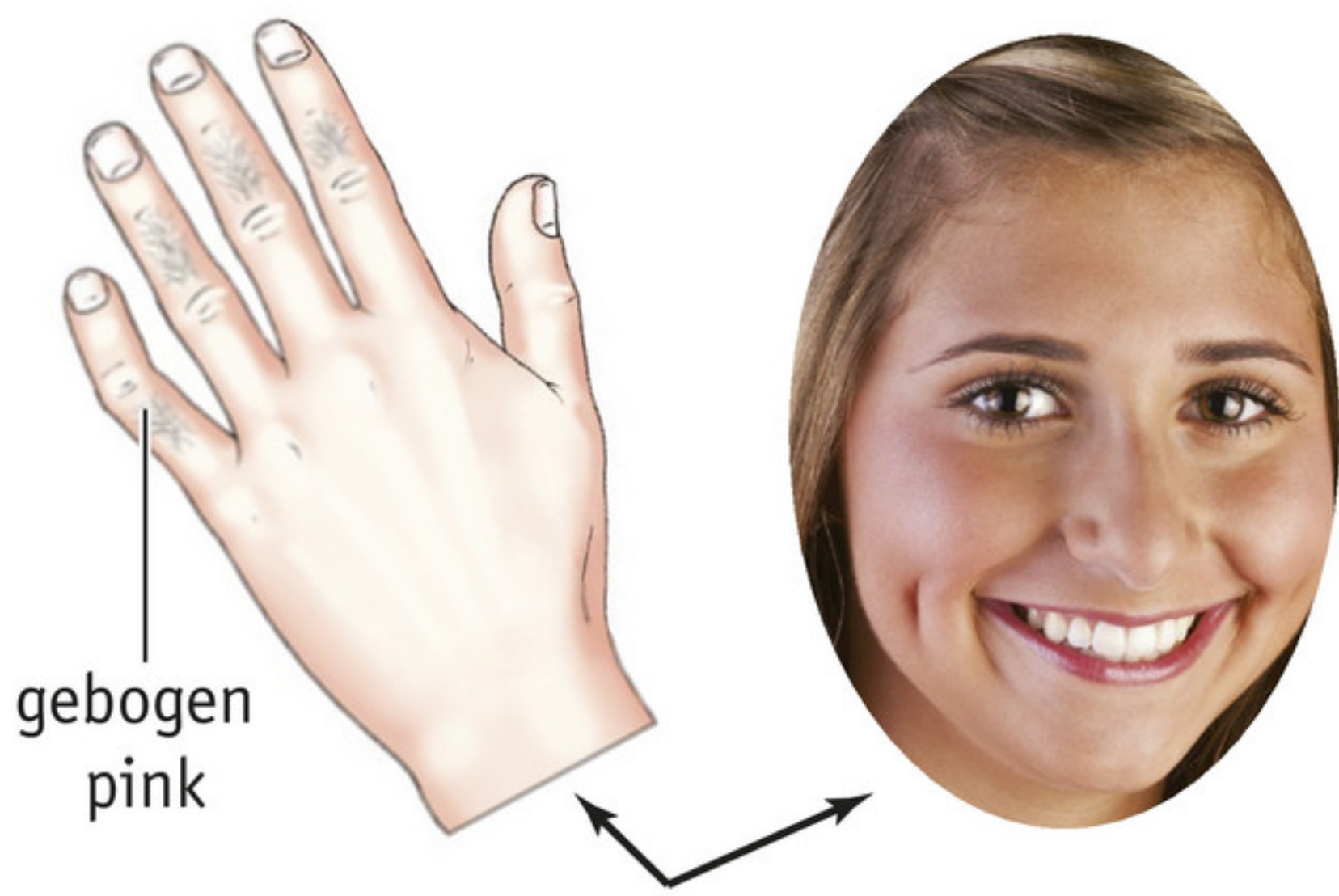


2 heterozygoot voor de bloemkleur

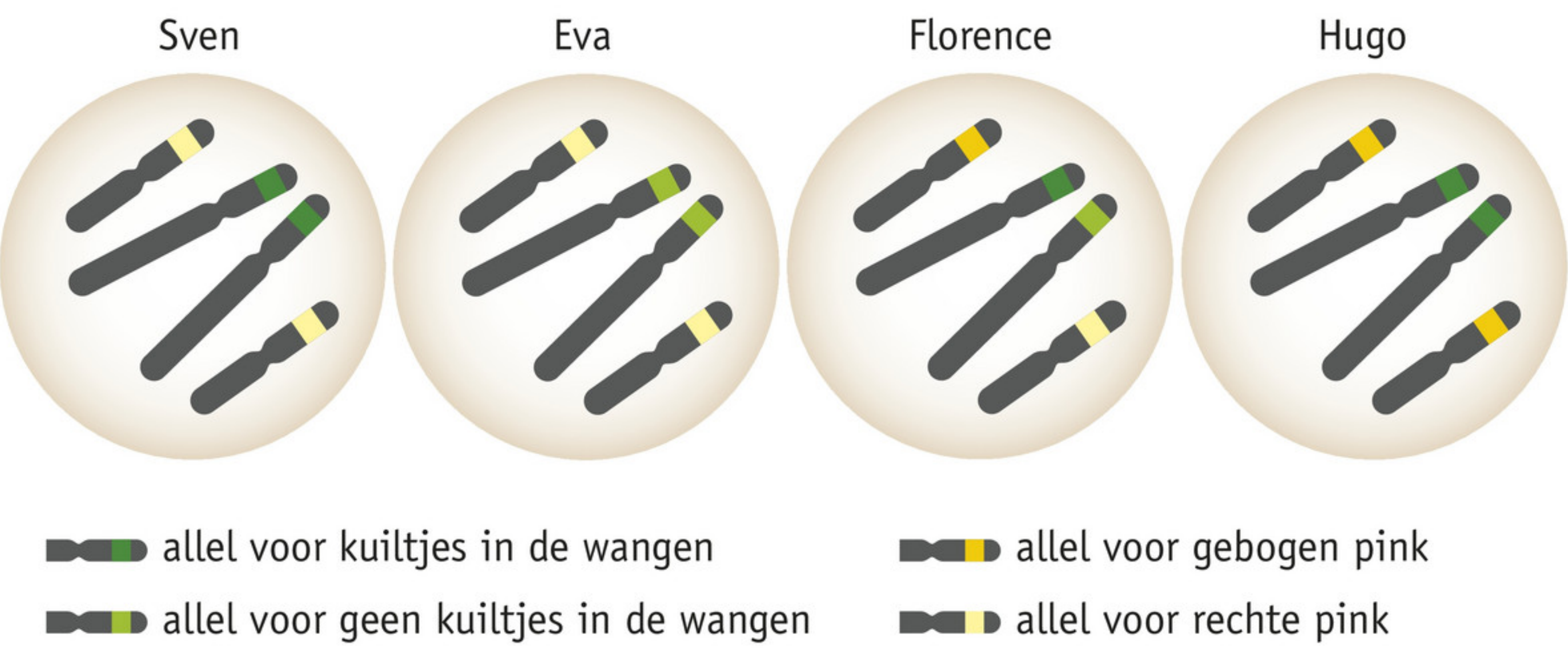


3 homozygoot voor witte bloemkleur

▼ **Afb. 10** Florence heeft een gebogen pink en kuiltjes in haar wangen (fenotype).



13 In afbeelding 10 zie je van vier verschillende personen de lichaamscellen schematisch getekend. Twee erfelijke eigenschappen bij mensen zijn kuiltjes in de wangen bij het lachen en een gebogen pink. Bij sommige mensen komt een gebogen pink voor waarbij het bovenste kootje van de pink naar binnen wijst. Van deze twee eigenschappen zijn vier allelen die in de chromosomen liggen van elke cel aangegeven. Van Florence is een deel van haar fenotype weergegeven.



a Wie is of zijn heterozygoot en homozygoot voor de eigenschap kuiltjes in de wangen en de eigenschap vorm van de pink? Neem de tabel over en vul deze in.

Eigenschap	Heterozygoot	Homozygoot
Kuultjes in de wangen		
Vorm van de pink		

b Florence heeft als enige twee verschillende allelen voor beide eigenschappen. Is het allel voor een gebogen pink dominant over dat voor een rechte pink? Leg uit.

c Met het fenotype van Florence kun je ook afleiden of het allel voor kuiltjes in de wangen dominant of recessief is. Neem de tabel over en zet een kruisje bij elke persoon met kuiltjes in de wangen en/of een rechte pink.

Naam	Kuultjes in de wangen	Rechte pink
Sven		
Eva		
Florence		
Hugo		

- ▼ **Afb. 11** Zijn dit de ouders van Sven, Eva, Florence of Hugo?



- ▼ **Afb. 12** Navelsinaasappel.



- **Afb. 13** Intermediaire overerving bij katten.

- 14 a De vader van Eva heeft een rechte pink.
Is de vader van Eva heterozygoot of homozygoot voor de vorm van de pink? Leg uit.
- b De moeder van Eva heeft een gebogen pink.
Kun je hieruit afleiden of zij heterozygoot of homozygoot is voor de vorm van de pink? Leg uit.
- c In afbeelding 11 zie je de ouders van een van de vier genoemde personen.
Van wie zijn dit de ouders? Leg je antwoord uit.
- 15 Geef de genotypen van de vier personen van afbeelding 11 met letters aan.
Gebruik daarbij Q en q voor de aanwezigheid van kuiltjes in de wangen en R en r voor de vorm van de pink.
- 16 a Het allel voor een normale sinaasappel is dominant over dat voor een navelsinaasappel (zie afbeelding 12). Het genotype van een bepaalde sinaasappel kan worden weergegeven door Bb.
Is dit een navelsinaasappel of een normale sinaasappel? Leg uit.
- b Wat is het genotype van een navelsinaasappel?
- 17 Bij katten kan het allel op de C-locus de kleur van de vacht beïnvloeden (zie afbeelding 13). Allel C^h bevat de informatie voor het enzym tyrosinase. Dit enzym is nodig voor de vorming van het pigment eumelanine. Eumelanine geeft de zwarte kleur aan de vacht. Dit enzym wordt inactief bij temperaturen boven de 33°C . In de uiteinden van een kat is het koeler dan 33°C , maar de romp, nek en een deel van de kop zijn warmer dan 33°C . In de vacht ontbreekt het eumelanine dan geheel.
Op de C-locus komt ook allel C^b voor dat minder pigmentremmend is dan allel C^h . De allelen C^b en C^h zijn 'even sterk'. Ook bij cavia's en konijnen komen deze allelen voor.



1 Birmese kat



2 Tonkinese kat



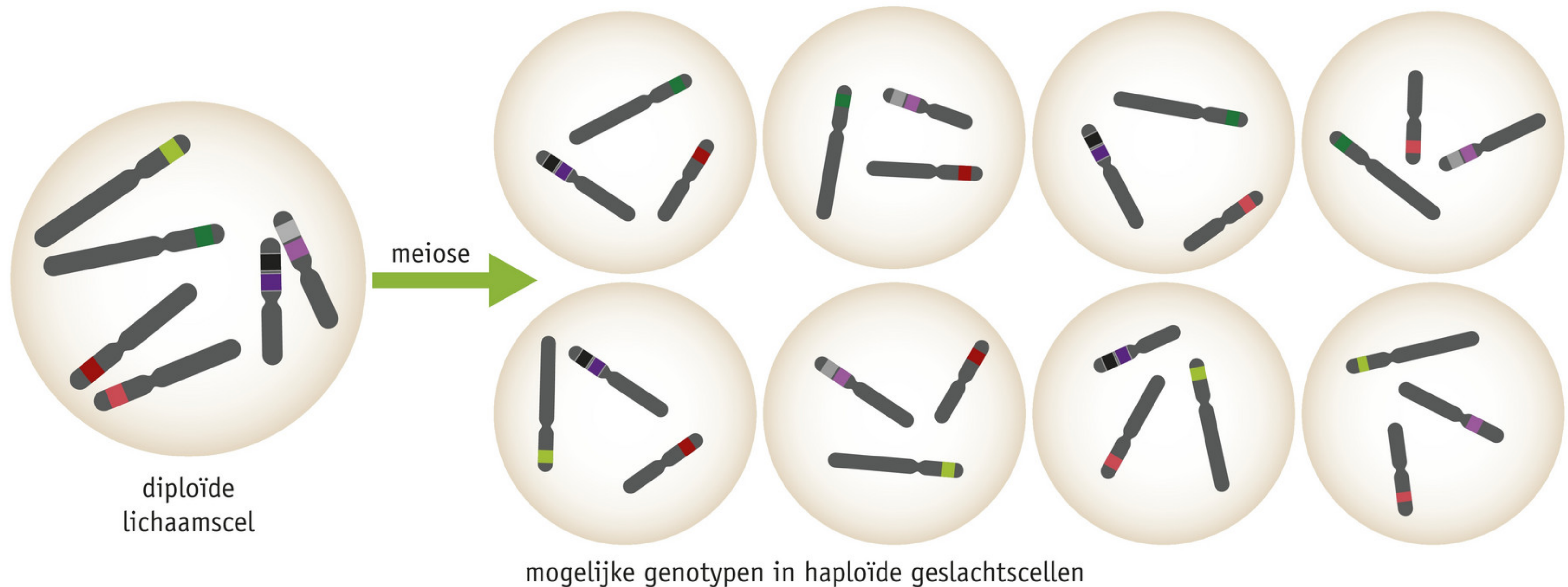
3 Siamese kat

- a Welke genotypen hebben de drie katten voor de C-locus?
- b Welke kat heeft een intermediair fenotype?
- c Soms wordt een kat met het genotype van een Siamese kat aangezien voor een Tonkinese kat.
Leg dat uit.

RECOMBINATIE EN MUTATIE

Het herverdelen van erfelijke eigenschappen heet **recombinatie**. Door recombinatie hebben nakomelingen een andere combinatie van allelen dan beide ouders. Recombinatie vindt plaats door meiose en geslachtelijke voortplanting (zie afbeelding 14).

▼ **Afb. 14** Recombinatie van allelen door de vorming van geslachtscellen.



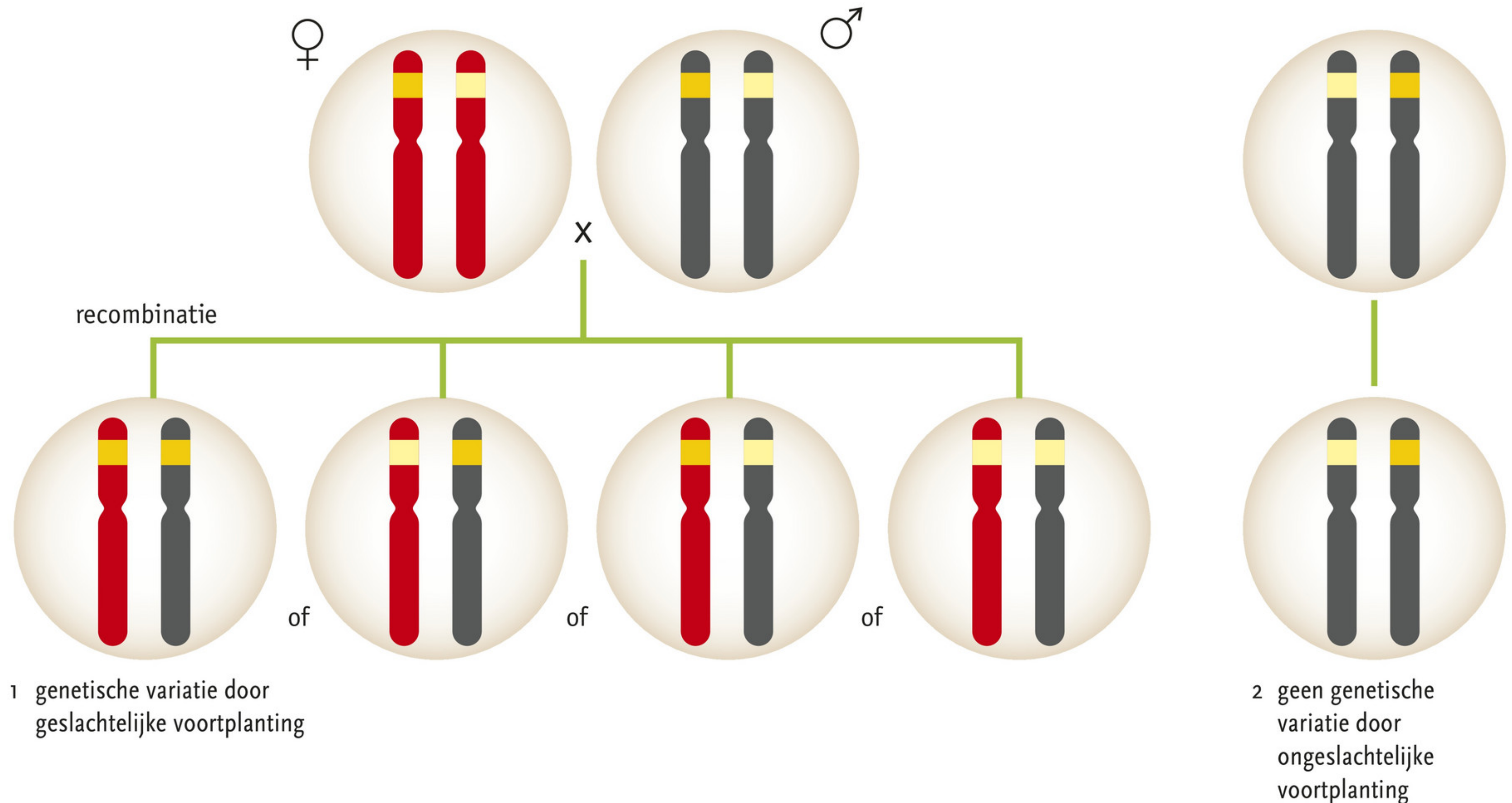
Recombinatie door meiose vindt plaats tijdens meiose I. Elk chromosomenpaar bevat veel genenparen. Bij elk mens liggen op elk chromosomenpaar altijd genenparen die bestaan uit twee gelijke of ongelijke allelen.

Bij meiose I gaan de chromosomen van een chromosomenpaar uit elkaar. Doordat de allelen in de chromosomen van een chromosomenpaar vaak verschillen, hebben de dochtercellen een verschillend genotype. Bijvoorbeeld bij individuen van een soort waarbij er drie chromosomen aanwezig zijn ($n = 3$) kunnen na meiose geslachtscellen ontstaan met acht (2^3) verschillende combinaties van chromosomen. Bij de mens ($n = 23$) kunnen geslachtscellen ontstaan met 2^{23} (8,4 miljoen) verschillende combinaties van chromosomen. Welke chromosomen de geslachtscellen bevatten die na bevruchting een nieuw individu opleveren, is afhankelijk van het toeval.

Bij geslachtelijke voortplanting ontstaat door bevruchting weer een diploïde cel (zygote) en worden de chromosomen en daardoor dus ook de allelen van beide ouders bij elkaar gebracht. Bij de bevruchting ontstaan daardoor via recombinatie nieuwe genenparen (zie afbeelding 15.1). De nakomeling zal altijd een andere combinatie van erfelijke eigenschappen bezitten dan de ouders. Meerdere nakomelingen van een ouderpaar verschillen vrijwel altijd van genotype.

Door recombinatie van allelen ontstaat een grote verscheidenheid in genotypen binnen een soort. Je spreekt ook wel van **genetische variatie**. Hierdoor heeft de soort een grote overlevingskans. Als de milieuomstandigheden wijzigen, is de kans groot dat enkele individuen een genotype bezitten met een goede aanpassingsmogelijkheid voor de nieuwe omstandigheden. Genetische variatie komt niet alleen door recombinatie van allelen tot stand, maar ook door mutaties. Mutaties zijn veranderingen in erfelijke eigenschappen. In thema 4 leer je meer over genetische variatie en mutaties.

▼ **Afb. 15** Geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting.



TWEELINGEN

Een eeneiige tweeling ontstaat uit de versmelting van één zaadcel en één eicel. Na de deling van de zygote ontstaan cellen met hetzelfde genotype. Door omstandigheden splitst de zygote zich in twee klompjes cellen. Deze cellen ontwikkelen zich tot individuen met precies hetzelfde genotype. Uiteindelijk hebben alle lichaamscellen van de twee individuen van een eeneiige tweeling een gelijk genotype.

Een twee-eiige tweeling ontstaat uit twee zaadcellen en twee eicellen. De allelen in twee zaadcellen zijn niet precies hetzelfde. Dit geldt ook voor de allelen in de twee eicellen. De beide leden van een twee-eiige tweeling hebben dan ook niet hetzelfde genotype. Ze lijken net zoveel op elkaar als andere broers en zusters op elkaar kunnen lijken.

opdracht

- 18** Voor een fruitvlieg geldt: $n = 4$.
Hoeveel verschillende genotypen kunnen de geslachtscellen van een fruitvlieg bevatten door recombinatie van allelen? Laat je berekening zien.

CONTEXT

Wetenschap

Liever een slappeling

▼ Afb. 16 Soay-rammen.



Mannetjes soay-schapen (rammen, zie afbeelding 16) op het Schotse eiland St. Kilda vertonen verschil in de hoornlengte. Rammen met lange hoorns zijn aantrekkelijk en dus populair in de paartijd, rammen zonder hoorns niet. Waarom lopen er dan nog steeds rammen zonder hoorns rond, dacht Dr. Susan Johnston. Johnston en haar collega's ontdekten dat de hoornlengte grotendeels wordt bepaald door één enkel gen. Het allel *Ho+* staat voor lange hoorns en *HoP* voor korte stompjes. De allelen erven onvolledig dominant over.

Rammen met één of twee kopieën van het *Ho+*-allel zijn aantrekkelijk bij vrouwtjes en leveren aanzienlijk meer nakomelingen dan hun kortgehoornde soortgenoten. Je zou verwachten dat na enkele generaties het *HoP*-allel uiteindelijk verdwijnt. Toch gebeurt dit niet. Johnston en haar collega's ontdekten namelijk dat rammen met twee *Ho+*-allelen niet alleen meer dames scoorden, maar ook korter leefden dan de kortgehoornde schapen. Rammen met een kopie van beide allelen *Ho+* en *HoP* leefden net zolang als de kortgehoornde schapen maar kregen wel meer nakomelingen.

opdrachten

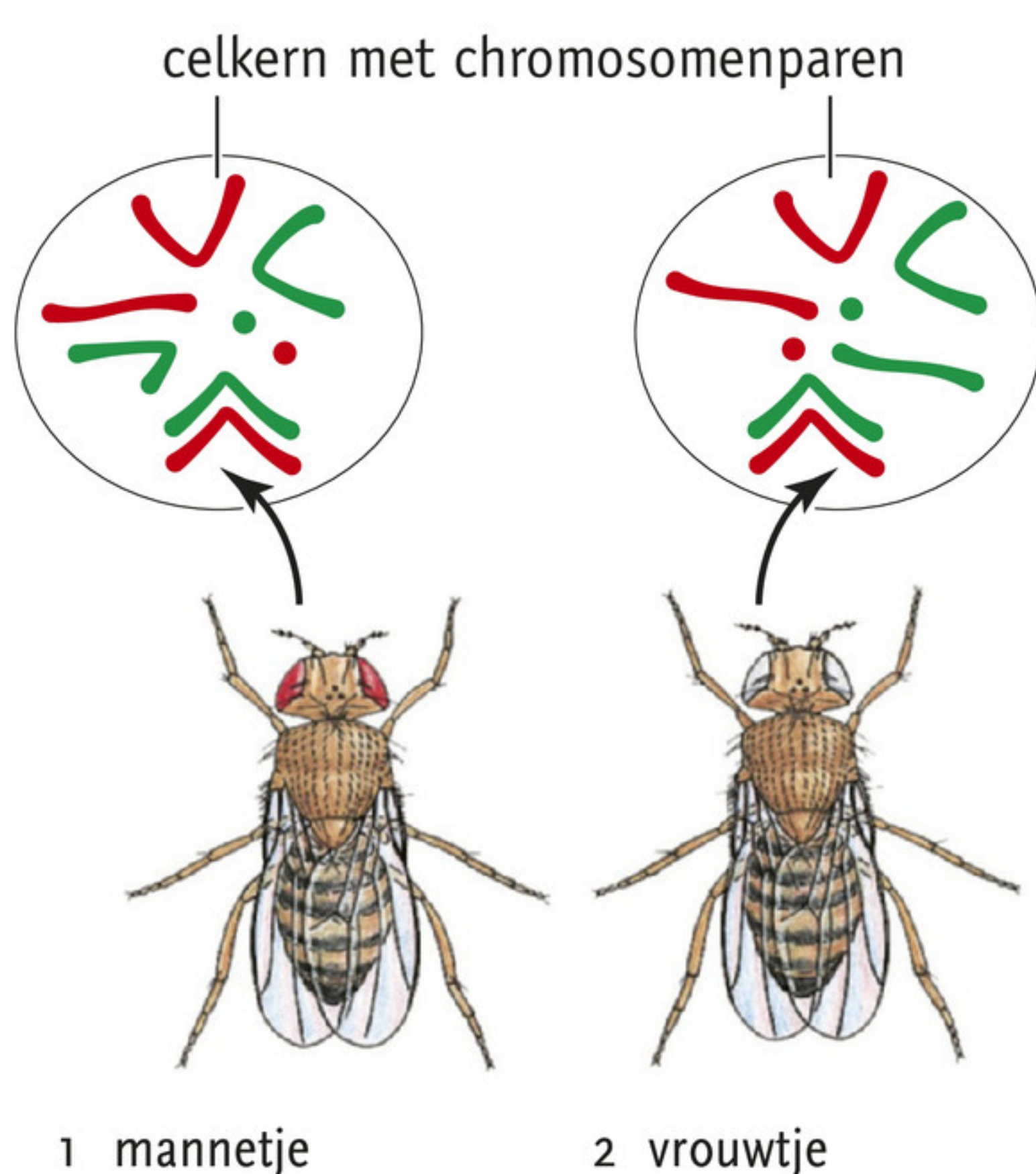
- 19 **a** Hoe ziet het fenotype van rammen eruit die heterozygoot zijn voor hoornlengte?
 - b** Wat is het genotype van rammen met lange hoorns?
 - c** Wat is het genotype van rammen met korte hoorns?

- 20 **a** Welke twee factoren zorgen ervoor dat heterozygoten meer nakomelingen krijgen dan homozygoten?
 - b** Wat zou een verklaring kunnen zijn voor het feit dat kortgehoornde schapen langer leven dan langgehoornde schapen?
 - c** Waarom zouden rammen met lange hoorns aantrekkelijker zijn voor vrouwtjes?

Leerdoelen

- Je kunt van een monohybride kruising een kruisingsschema opstellen.
- Je kunt de frequentie van genotypen en fenotypen van nakomelingen bij een monohybride kruising afleiden uit een kruisingsschema of stamboom.

▼ **Afb. 17** Fruitvliegjes (*Drosophila melanogaster*).



3 Monohybride kruisingen

Johann Mendel bestudeerde systematisch de overerving van eigenschappen door kruisingen uit te voeren met erwtenplanten. Hij herkende daarbij overervingspatronen. Na ruim honderdvijftig jaar dienen deze wetten van Mendel nog steeds als model voor erfelijkheidsvraagstukken.

KRUISINGEN

Veel van de huidige kennis in de genetica is opgedaan door kruisingen uit te voeren met fruitvliegjes, ook wel bananenvliegjes genoemd (zie afbeelding 17). Deze modelorganismen zijn goed geschikt voor kruisingsproeven. Ze planten zich snel voort en krijgen zeer veel nakomelingen. Ze zijn gemakkelijk te kweken en de mannetjes en vrouwtjes zijn goed van elkaar te onderscheiden. Fruitvliegjes vertonen een grote verscheidenheid in fenotype voor veel erfelijke eigenschappen, bijvoorbeeld oogkleur en vleugelvorm. Een fruitvliegje heeft slechts vier chromosomenparen. Met een microscoop zijn de chromosomen duidelijk te zien.

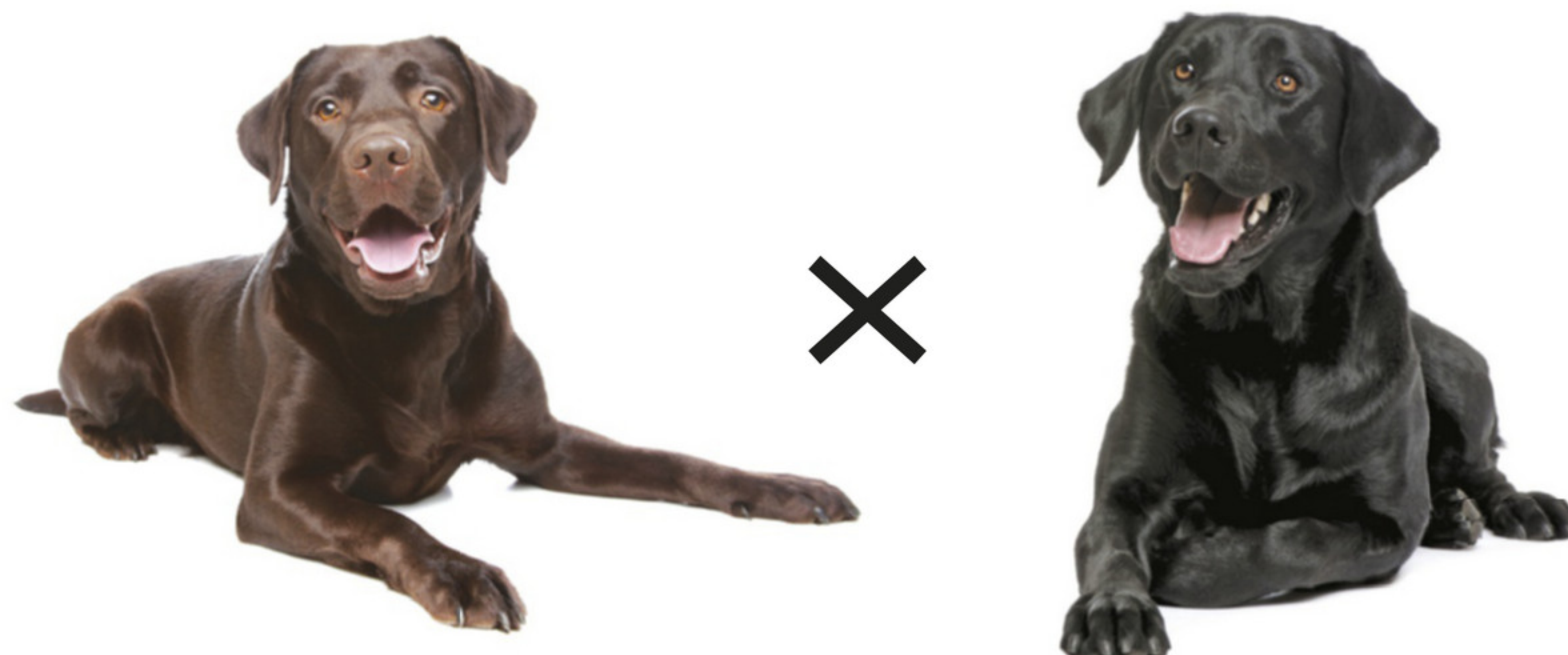
Bij kruisingen vindt geslachtelijke voortplanting plaats en let je op de overerving van erfelijke eigenschappen. Bij een **monohybride kruising** let je slechts op de overerving van één eigenschap, waarbij één genenpaar is betrokken.

Bij kruisingen geef je ouders aan met de letter P (*Parentes* = ouders in het Latijn). De nakomelingen geef je aan met F_1 (*Filii* = kinderen in het Latijn; 1 = eerste generatie). Als deze nakomelingen zich onderling voortplanten, ontstaat hieruit een tweede generatie nakomelingen, die je aangeeft met F_2 . Bij planten kan de F_2 ook ontstaan na zelfbestuiving van planten in de F_1 . Hierbij wordt stuifmeel van meeldraden overgebracht op de stempels van bloemen die zich op dezelfde plant bevinden.

KRUISINGSVRAAGSTUKKEN

Bij labrador retrievers (zie afbeelding 18) is het allel voor zwarte haarkleur (B) dominant over het allel voor bruine haarkleur (b). Een mannetjeshond heet een reu en een vrouwtjeshond een teef. Een zwartharige labradorteef die homozygoot is voor de haarkleur, wordt een aantal malen gekruist met een homozygoot bruinharige reu. De dieren in de F_1 planten zich onderling voort. Welke haarkleur kunnen de puppy's in de F_2 hebben? Hoe groot is de kans voor elke haarkleur? Dit is een voorbeeld van een **kruisingsvraagstuk**. Je lost een kruisingsvraagstuk in stappen op.

► **Afb. 18** Bruinharige reu (♂) × zwartharige labradorteef (♀).



1 Wat zijn de genotypen van de ouders? Geef deze genotypen in een kruising weer.

De ouderdieren zijn homozygoot zwartharig (BB) en homozygoot bruinharig (bb). De kruising is dan: BB × bb.

2 Welke allelen kunnen de geslachtscellen van beide ouders bevatten?

In geslachtscellen komen allelen enkelvoudig voor. Dit wordt ook wel de splitsingswet van Mendel genoemd. Elke eikel die de teef (BB) produceert, bevat allel B. Elke zaadcel die de reu (bb) produceert, bevat allel b.

3 Welke mogelijkheden bestaan er voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern?

Bij bevruchting versmelt de kern van een eikel (met allel B) met de kern van een zaadcel (met allel b). De puppy die zich uit deze zygote ontwikkelt, is zwartharig (Bb). Andere mogelijkheden voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern zijn er bij deze kruising niet. Alle dieren in de F₁ zijn heterozygoot zwartharig. Dit is een voorbeeld van de dominantiewet van Mendel: bij een organisme dat minstens één dominant allel heeft, komt het dominante allel tot uiting.

opdracht

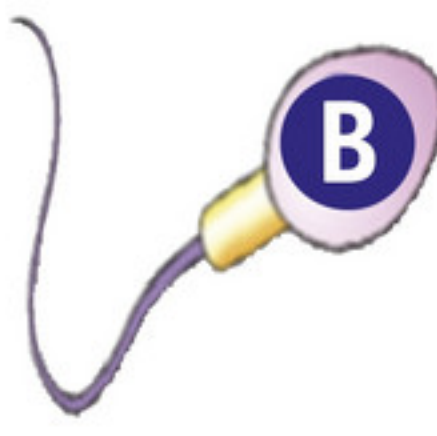
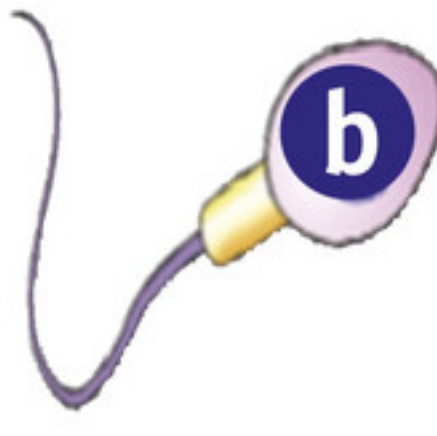
- 21 Uit de kruising van de bruinharige labradorreu (bb) en de zwartharige labradorteef (BB) (zie afbeelding 18) ontwikkelen zich twee zwartharige labradors. De dieren in de F₁ van deze kruising planten zich onderling voort.
- a Wat is het genotype van de labradors in de F₁?
 - b Geef de onderlinge voortplanting van dieren in de F₁ in een kruising weer.
 - c Een teef in de F₁ produceert eicellen.
Welke allelen kunnen in deze eicellen voorkomen?
 - d Een reu in de F₁ produceert zaadcellen.
Welke allelen kunnen in deze zaadcellen voorkomen?

EEN KRUISINGSSHEMA MAKEN

Bij bevruchting weet je niet welke eikel door welke zaadcel wordt bevrucht. Er zijn vier mogelijkheden:

- Een eikel met allel B wordt bevrucht door een zaadcel met allel B.
- Een eikel met allel B wordt bevrucht door een zaadcel met allel b.
- Een eikel met allel b wordt bevrucht door een zaadcel met allel B.
- Een eikel met allel b wordt bevrucht door een zaadcel met allel b.

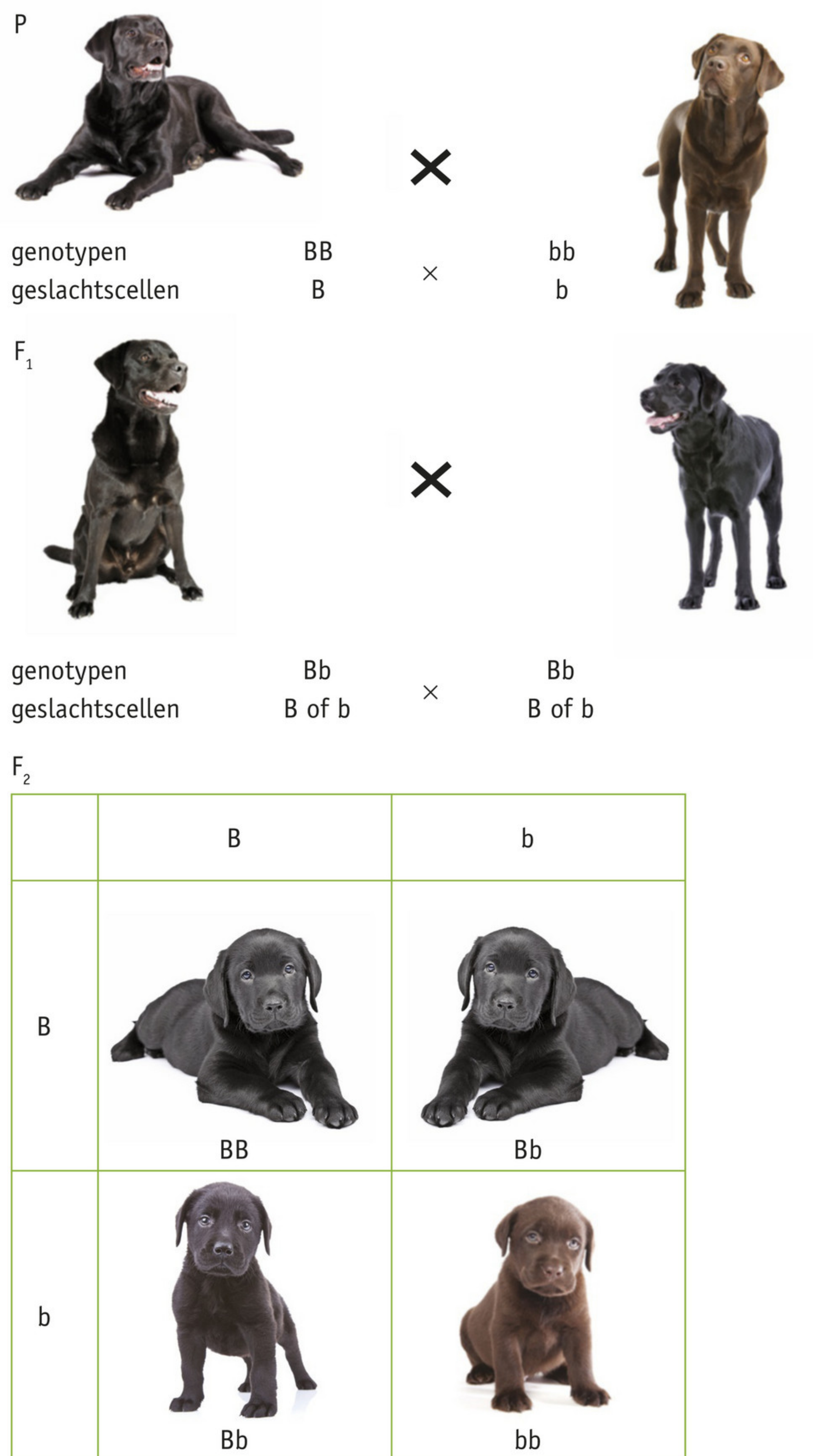
▼ Afb. 19 Kruisingsschema.

Om dit overzichtelijk op te schrijven, gebruik je een **kruisingsschema** (zie afbeelding 19). De allelen in de eicellen zet je boven in het schema en de allelen in de zaadcellen links in het schema.

Er zijn dus vier mogelijkheden voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern. Elke mogelijkheid heeft een even grote kans om voor te komen in de F₂. De kans voor elke mogelijkheid is 1/4 of 25%. In afbeelding 20 is het complete kruisingsschema van dit vraagstuk weergegeven.

► Afb. 20 Monohybride kruising.



opdrachten

22 a Bekijk afbeelding 20.

Wat is de kans dat een puppy in de F₂ genotype BB heeft? Noteer het antwoord in een breuk en in procenten.

b Wat is het fenotype van deze puppy?

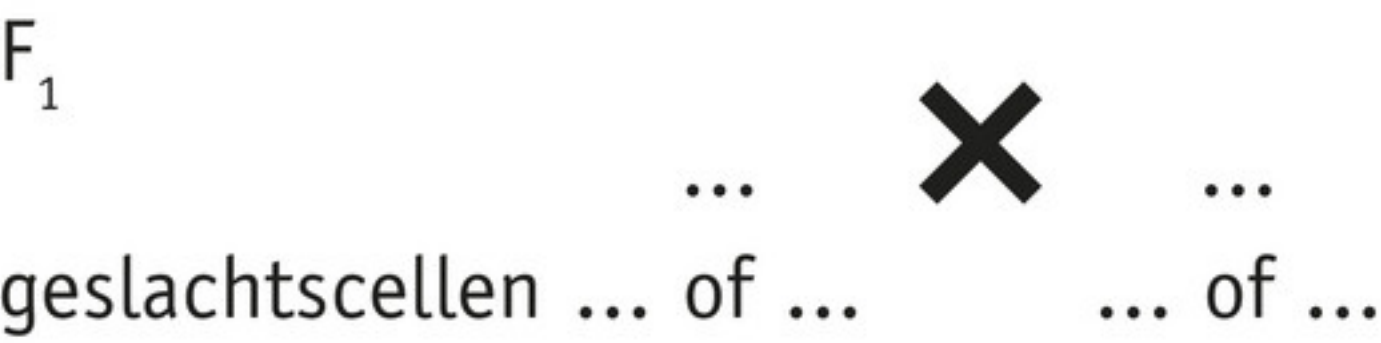
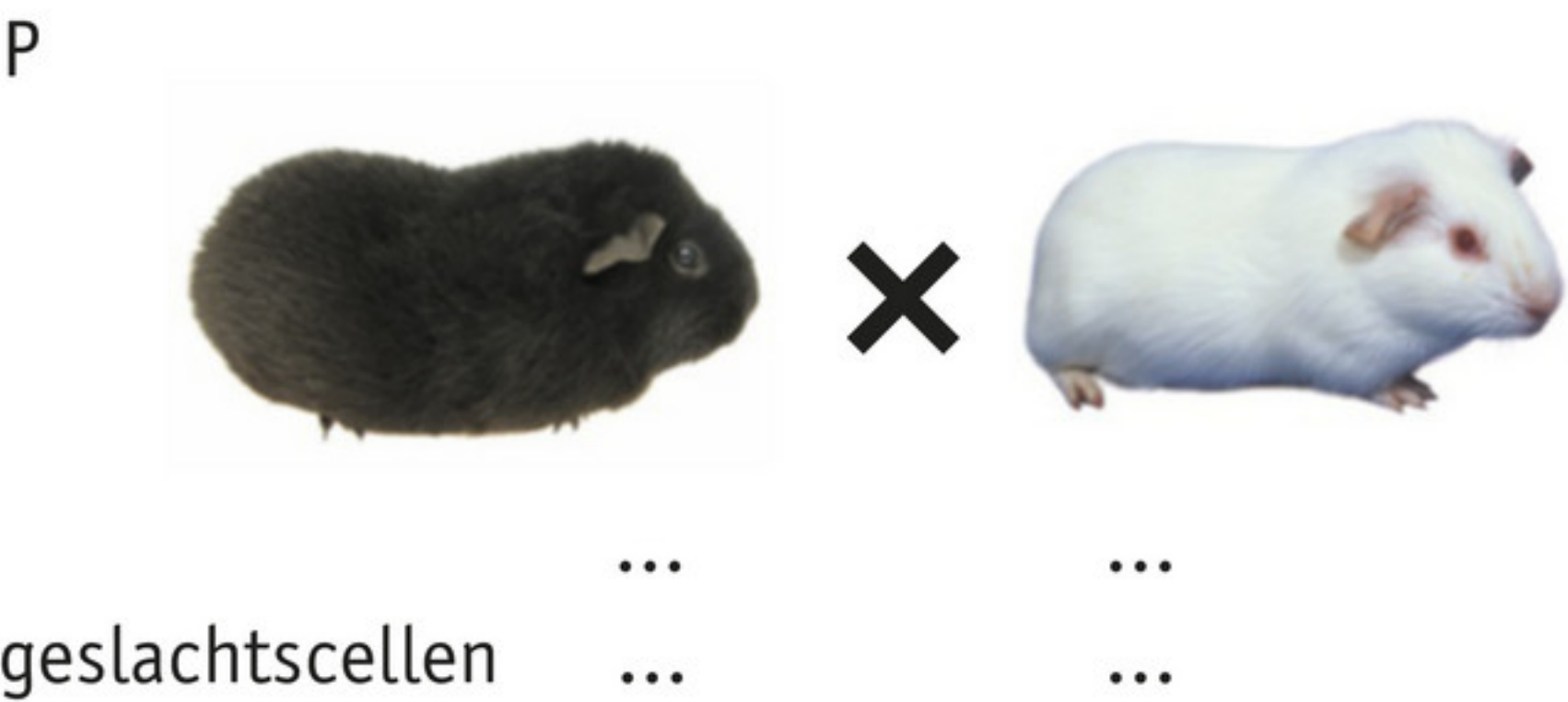
c Wat is de kans dat een puppy in de F₂ het genotype bb heeft?

d Wat is het fenotype van deze puppy?

e Wat is de kans dat een puppy in de F₂ het genotype Bb heeft? En wat is het fenotype van deze puppy?

f Wat is de kans dat een puppy in de F₂ zwartharig is? En wat is de kans dat een puppy in de F₂ bruinharig is?

▼ **Afb. 21** Een kruising van een zwarte cavia met een witte cavia.



F₂

	...	...
...	...	...
...	...	...

- 23** Bij cavia's is het allel voor zwarte haarkleur (H) dominant over het allel voor witte haarkleur (h). Een zwarte cavia die homozygoot is voor de haarkleur, paart een aantal keren met een witte cavia. De nakomelingen in de F₁ paren onderling, waardoor een F₂ ontstaat. In afbeelding 21 zie je de kruising schematisch weergegeven.
- a** Wat zijn de genotypen van de ouders?
- b** Welk allel of welke allelen kunnen de geslachtscellen van beide ouders bevatten?
- c** Welke mogelijkheden bestaan er voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern?
- d** Neem het kruisingsschema van afbeelding 21 over en vul het in.
- 24 a** Aan de hand van de genotypen kun je nu de fenotypen bepalen. Welke vachtkleur(en) hebben de nakomelingen in de F₁?
- b** Welke vachtkleur(en) hebben de nakomelingen in de F₂?
- 25** Vervolgens kun je uit afbeelding 21 kansen op bepaalde nakomelingen bepalen.
- a** Hoe groot is de kans dat een nakomeling in de F₁ homozygoot is voor de haarkleur?
- b** Hoe groot is de kans dat een nakomeling in de F₂ homozygoot is voor de haarkleur?
- c** Hoe groot is de kans dat de eerste nakomeling in de F₂ zwartharig is?
- d** Is deze kans even groot voor de tweede nakomeling?
- 26 a** In totaal worden uit afbeelding 21 veertig dieren in de F₂ geboren. Hoeveel van deze dieren zullen naar verwachting zwartharig zijn? En hoeveel witharig?
- b** Wat is in de F₂ de verhouding van genotypen? Noteer dit als volgt: HH : Hh : hh =
- c** Wat is in de F₂ de verhouding van fenotypen? Noteer dit als volgt: zwartharig : witharig = ... : ...
- 27** Mensen met twee kopieën van de lange variant van het 5-HTTLPR-gen behoren tot de groep mensen die zich vaker dan gemiddeld gelukkig voelen. De lange variant (b) van het 5-HTTLPR-gen is recessief ten opzichte van de korte variant (B).
- Een vrouw die behoort tot de groep die zich vaker dan gemiddeld gelukkig voelt en een man die heterozygoot is voor het HTTLPR-gen krijgen samen een aantal kinderen.
- a** Wat zijn de genotypen van deze ouders?
- b** Welke allelen kunnen de geslachtscellen van beide ouders bevatten?
- c** Maak van deze kruising een kruisingsschema tot aan de F₁.
- d** Hoe groot is de kans dat het eerste kind van deze ouders behoort tot de groep die zich vaker dan gemiddeld gelukkig voelt? En hoe groot is de kans dat het eerste kind niet tot deze groep behoort?
- 28** Een groep ouders die bestaat uit paren met de genotypen Bb en bb heeft samen 96 kinderen.
- a** Hoeveel van deze kinderen zullen naar verwachting behoren tot de groep die vaker dan gemiddeld gelukkig is? En hoeveel kinderen behoren niet tot deze groep?
- b** Welke verhouding van fenotypen komt voor in de nakomelingschap van deze groep ouders?

- 29 Bij leeuwenbekjes komen rode, witte en roze bloemen voor. Er is een allel voor rode bloemkleur (A^r) en een allel voor witte bloemkleur (A^w). Leeuwenbekjes die heterozygoot zijn voor de bloemkleur, hebben roze bloemen.
- Bij een leeuwenbekje met roze bloemen vindt zelfbestuiving plaats. Er worden 56 zaden gevormd.
- a Wat is het genotype van een intermediair fenotype?
 - b Maak een kruisingsschema van deze zelfbestuiving bij roze leeuwenbekjes.
 - c Alle 56 zaden ontkiemen.
Hoeveel F_1 -planten zullen naar verwachting roze bloemen dragen? En hoeveel rode bloemen? En hoeveel witte bloemen?
 - d Welke verhouding van genotypen kun je verwachten in de nakomelingschap?
 - e Welke verhouding van fenotypen komt voor in de nakomelingschap?

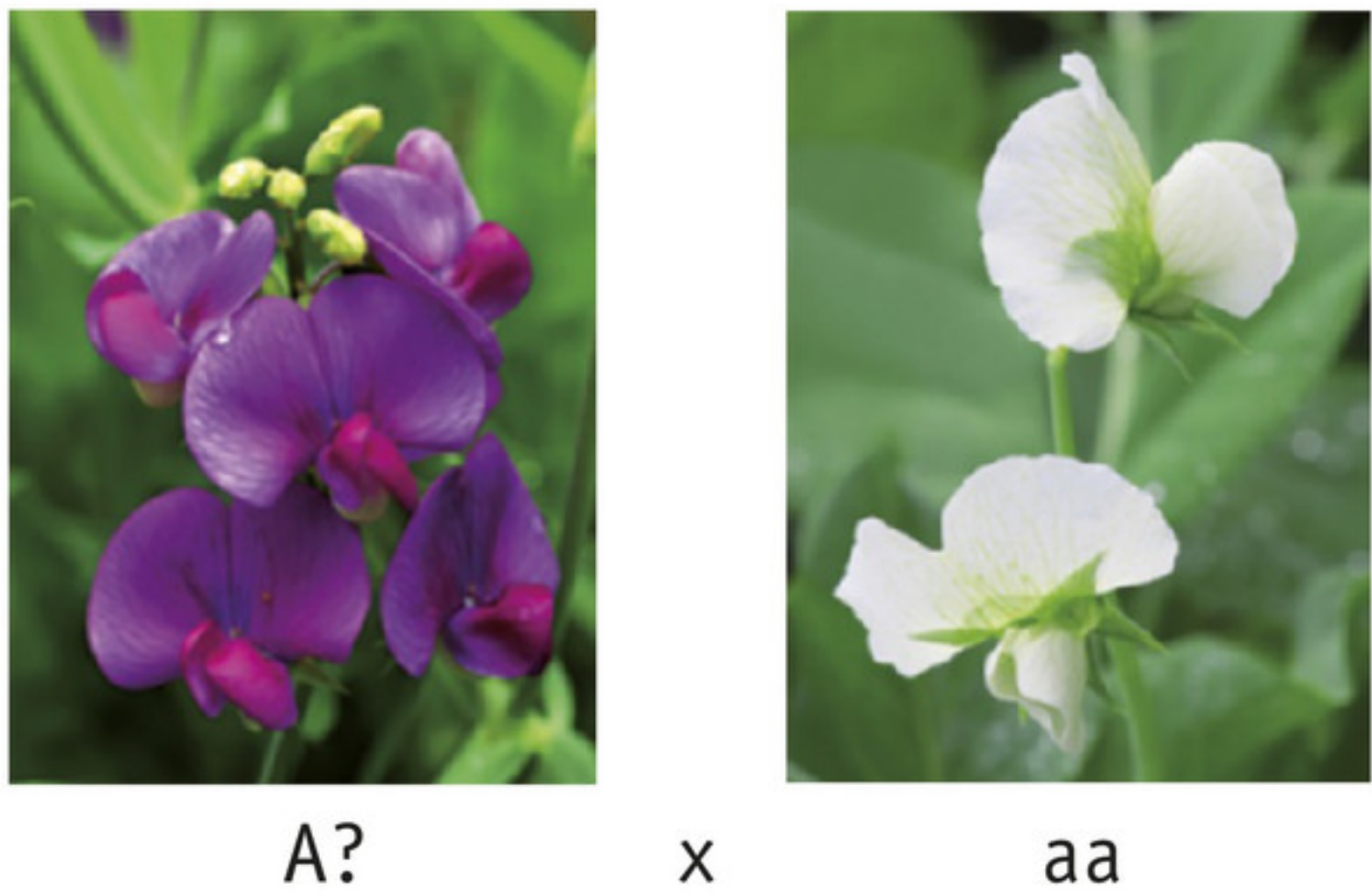
VERHOUDING GENOTYPEN EN EEN TESTKRUIISING

Na een kruising kunnen er in de F_1 verschillende verhoudingen voorkomen. Enkele voorbeelden:

- $P: Aa \times aa$.
 - Verhouding van genotypen in de F_1 : $Aa : aa = 1 : 1$.
 - Verhouding van fenotypen in de F_1 : fenotype veroorzaakt door het dominante allel : fenotype veroorzaakt door het recessieve allel = $1 : 1$.
- $P: Aa \times Aa$.
 - Verhouding van genotypen in de F_1 : $AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1$.
 - Verhouding van fenotypen in de F_1 : fenotype veroorzaakt door het dominante allel : fenotype veroorzaakt door het recessieve allel = $3 : 1$.

Aan een organisme kun je niet zien of dit homozygoot of heterozygoot is voor een dominant allel. Je kunt hier achterkomen door een **testkruising** uit te voeren (zie afbeelding 22). Bij een testkruising kruis je een organisme met een homozygoot recessief organisme. Uit de F_1 blijkt dan of dit geteste organisme homozygoot of heterozygoot is (zie afbeelding 22.2 en 22.3). Deze test is gebaseerd op de verschillende fenotypen die in de F_1 voorkomen.

▼ Afb. 22 Testkruising.



indien homozygoot	
	A
a	 Aa
a	 Aa

2 Indien het organisme homozygoot is voor het genenpaar, zal bij 100% van de nakomelingen in de F_1 het dominante allel tot uiting komen in het fenotype.

indien heterozygoot	
	A
a	 Aa
a	 aa

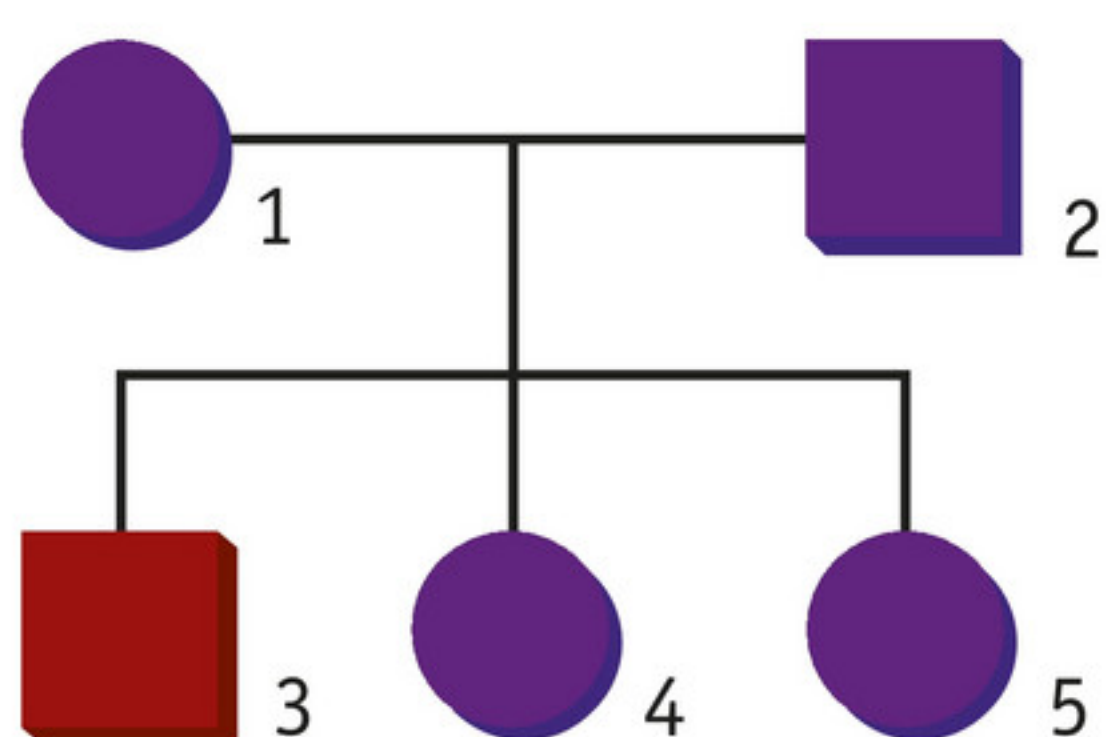
3 Indien het organisme heterozygoot is voor het genenpaar, zal bij 50% van de nakomelingen in de F_1 het dominante allel en bij 50% het recessieve allel tot uiting komen in het fenotype.

Bij de testkruising $AA \times aa$ komen alleen nakomelingen met het genotype Aa voor. Er komt dus slechts één fenotype voor onder de nakomelingen. Bij de testkruising $Aa \times aa$ komen er zowel nakomelingen met het genotype Aa als het genotype aa voor. Hier zijn dus twee verschillende fenotypen onder de nakomelingen. Een testkruising is alleen betrouwbaar als de F_1 uit een voldoende groot aantal nakomelingen bestaat. Bij slechts enkele nakomelingen is de verhouding van genotypen en fenotypen in de F_1 te sterk afhankelijk van het toeval.

opdrachten

- 30** Zaden van een erwtenplant zijn groen of geel.
Uit een groen zaad en uit een geel zaad ontkiemen erwtenplanten. Deze erwtenplanten worden met elkaar gekruist. Er ontstaan 204 groene zaden en 187 gele zaden.
- Vul in. De verhouding 204 : 187 is ongeveer gelijk aan ...
 - Welke genotypen hebben de ouderplanten? Gebruik de letters G en g .
 - Kun je uit deze gegevens afleiden welk allel dominant is: dat voor groene zaden of dat voor gele zaden?
- 31** Van twee planten worden nakomelingen verkregen. Hiervan blijken er 28 rode bloemen te dragen en 11 witte bloemen.
- Vul in. De verhouding 28 : 11 is ongeveer gelijk aan ...
 - Welke genotypen hebben de ouderplanten? Gebruik de letters A en a .
 - Welk allel is dominant: dat voor een rode bloem of dat voor een witte bloem?
 - Kunnen twee erwtenplanten met rode bloemen, nakomelingen met witte bloemen krijgen? Leg je antwoord uit.
 - Kunnen twee witbloemige erwtenplanten roodbloemige nakomelingen krijgen? Leg je antwoord uit.
- 32** Mensen bezitten allelen voor rechtshandigheid en/of voor linkshandigheid. Twee ouders krijgen drie kinderen: twee rechtshandigen en één linkshandige.
Kun je uit deze gegevens betrouwbaar afleiden wat het genotype van de ouders is? Leg je antwoord uit.
- 33** Kwekers van planten en fokkers van dieren willen graag gezonde, sterke nakomelingen zonder ziekten en aandoeningen. Een testkruising kan duidelijkheid bieden of een plant of dier een allel bezit dat een ziekte tot gevolg heeft.
Wordt een testkruising ingezet bij recessief overervende aandoeningen of bij dominant overervende aandoeningen?
- 34** Van een zwarte hond is niet bekend of deze homozygoot zwart (BB) is, of dat de hond ook een allel voor de bruine vachtkleur (b) bezit. Een hondenfokker kan dan kiezen voor een testkruising.
Leg uit hoe de fokker te werk gaat bij een testkruising.

▼ **Afb. 23** Een stamboom.



Legenda:

 blond haar

 zwart haar

 vrouw

 man

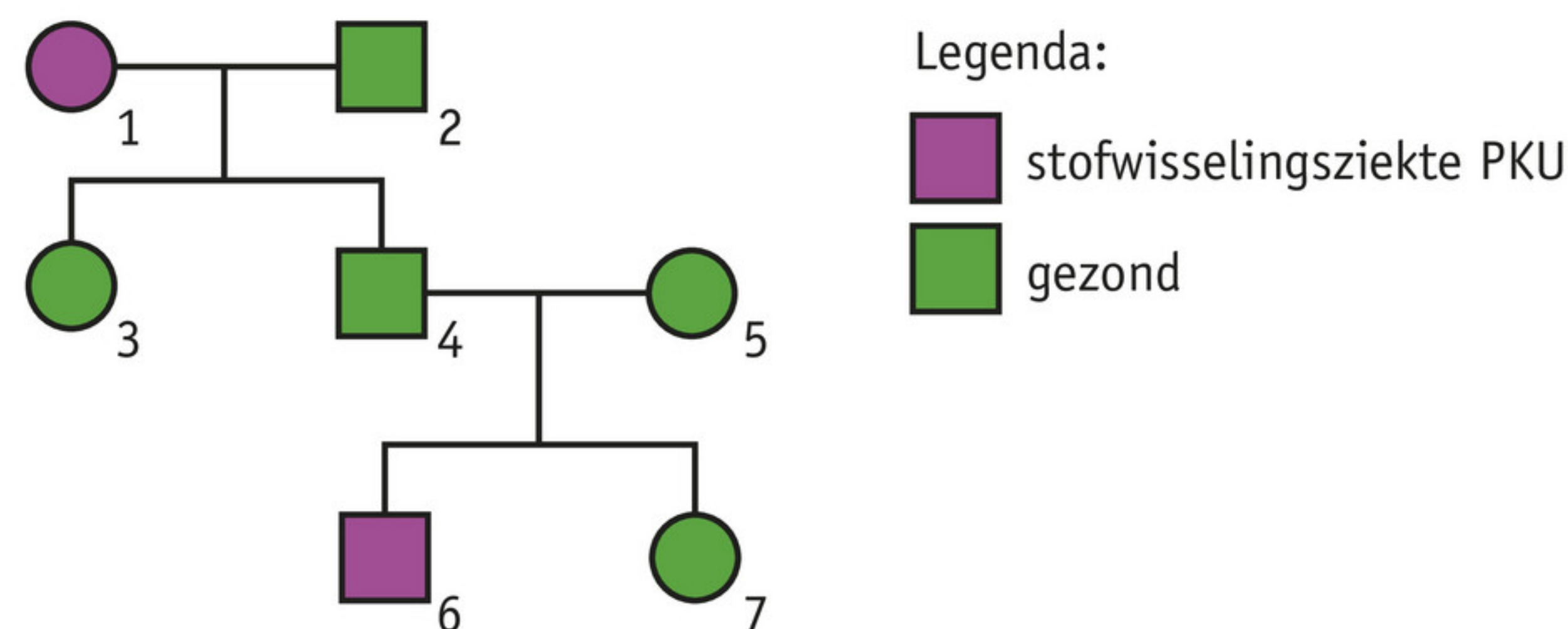
STAMBOMEN

In afbeelding 23 is een voorbeeld van een **stamboom** getekend. Hieruit is af te lezen dat beide ouders en twee van de drie kinderen zwart haar hebben. Eén kind heeft blond haar. Uit dit voorbeeld blijkt dat twee ouders met gelijk fenotype een of meer nakomelingen kunnen krijgen met een afwijkend fenotype. Dit is alleen mogelijk als beide ouders heterozygoot zijn (Aa) en deze nakomeling(en) homozygoot recessief (aa).

opdrachten

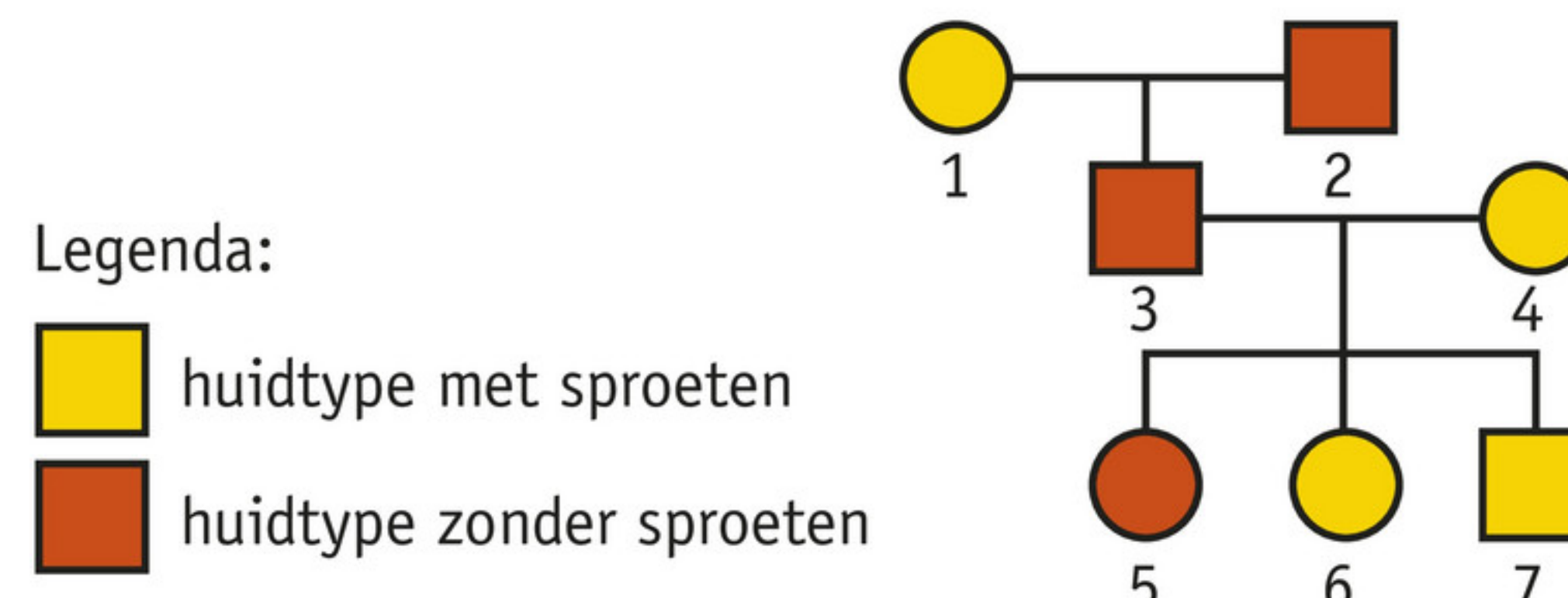
- 35 In de eerste week na de geboorte van een kind worden enkele druppels bloed afgenomen uit de hiel. Het bloed van dit hielprikje wordt in een laboratorium onderzocht op een aantal zeldzame erfelijke ziekten, zoals PKU. PKU is een stofwisselingsziekte die goed kan worden behandeld als deze op tijd wordt ontdekt.
- In een familie komt PKU voor. De stamboom van deze familie is weergegeven in afbeelding 24.
- Welke nummers geven een vrouw weer?
 - Welke nummers geven een gezonde man weer?
 - Ouders 4 en 5 krijgen twee kinderen. Met de informatie van kind 6 kun je afleiden welk allel recessief is.
- Welk allel is recessief: het allel voor gezond zijn of het allel voor PKU?

► **Afb. 24** Een stamboom van een familie met PKU.



- 36 a Neem de stamboom van afbeelding 24 over. Noteer in de stamboom het genotype bij de personen die homozygoot recessief zijn. Gebruik hierbij aa.
- b De personen waarbij het dominante allel tot uiting komt, hebben in elk geval één allel A. Daarbij kunnen ze allel A of allel a hebben. Noteer bij deze personen in de stamboom één A.
- 37 a Welk allel kreeg persoon 3 in afbeelding 24 van haar moeder?
- b Welk genotype heeft persoon 3?
- c Welk allel kreeg persoon 4 van zijn vader?
- d Welk genotype heeft persoon 4?
- e Welk genotype heeft persoon 5?
- f Van welke persoon of personen kun je *niet* met zekerheid het genotype vaststellen?
- 38 Bij mensen is het allel voor een huidtype met sproeten (R) dominant over het allel voor een huidtype zonder sproeten (r). In afbeelding 25 is een stamboom van een familie met verschillende huidtypen weergegeven. Neem de stamboom over en noteer de genotypen van de personen.

► **Afb. 25** Een stamboom van een familie met verschillende huidtypen.



CONTEXT

Leefwereld

α -thalassemie

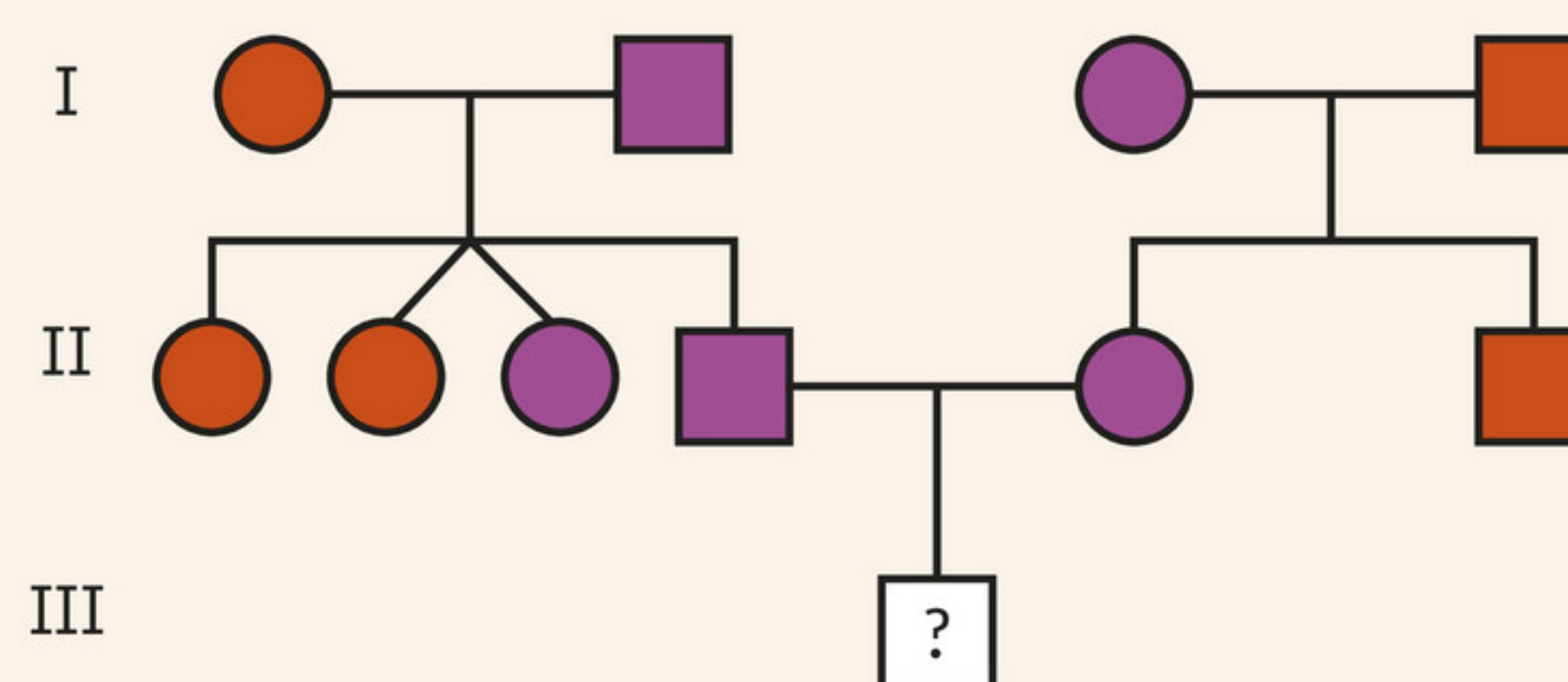
‘Als mijn vader ons niet naar Nederland had gebracht, was ik nu dood.’ Abir, geboren in Syrië, is haar vader nog altijd dankbaar. ‘Als baby was Abir erg zwak, daardoor dacht de dokter aan bloedarmoede,’ zegt Abirs moeder. Enkele jaren later werd α -thalassemie vastgesteld. Dit is een erfelijke vorm van bloedarmoede die vooral bij mensen uit Azië, Indonesië, Afrika en het Middellandse Zeegebied voorkomt.

Een afwijkend allel veroorzaakt α -thalassemie. Alleen bij mensen die homozygoot zijn voor dit afwijkende allel, treedt α -thalassemie op. Bij hen breken rode bloedcellen met afwijkende hemoglobinemoleculen versneld af. Hemoglobine speelt een belangrijke rol bij het transport van zuurstof in het bloed. Door een versnelde afbraak van hemoglobine ontstaat een tekort aan zuurstof; dit leidt tot lusteloosheid en vermoeidheid. Om deze symptomen zo veel mogelijk tegen te gaan, krijgt Abir regelmatig een bloedtransfusie, iets wat in het gebied waar Abir woonde door de oorlog niet meer kon.

opdracht

- 39 In afbeelding 26 is een stamboom weergegeven van een familie (niet de familie van Abir) waarin α -thalassemie voorkomt. Van het jonge kind in de derde generatie (III) is nog niet bekend of het aan de ziekte gaat lijden.
- Hoe groot is de kans dat dit kind α -thalassemie ontwikkelt?
 - Waarom sterft een foetus die weinig hemoglobine overhoudt meestal al voor de geboorte?
 - De ouders van Abir zouden graag nog een kind krijgen. Hoe groot is de kans dat dit kind *geen* α -thalassemie ontwikkelt? Leg je antwoord uit.

► Afb. 26



Legenda:

- = α -thalassemie
- = gezond

Leerdoel

- Je kunt beschrijven op welke wijze geslachtschromosomen het geslacht van een mens bepalen.
- Je kunt een kruisingsschema maken voor X-chromosomale overerving en hieruit of uit stambomen de frequentie van genotypen en fenotypen van nakomelingen afleiden.

4 Geslachtschromosomen

Thomas Morgan kruiste in 1910 bij fruitvliegjes een roodogig vrouwtje met een witogig mannetje. Alle nakomelingen hadden rode ogen. Toen hij de nakomelingen onderling liet paren, ontstond een bijzonder resultaat: alle witogige vliegjes waren mannetjes en alle vrouwtjes hadden rode ogen.

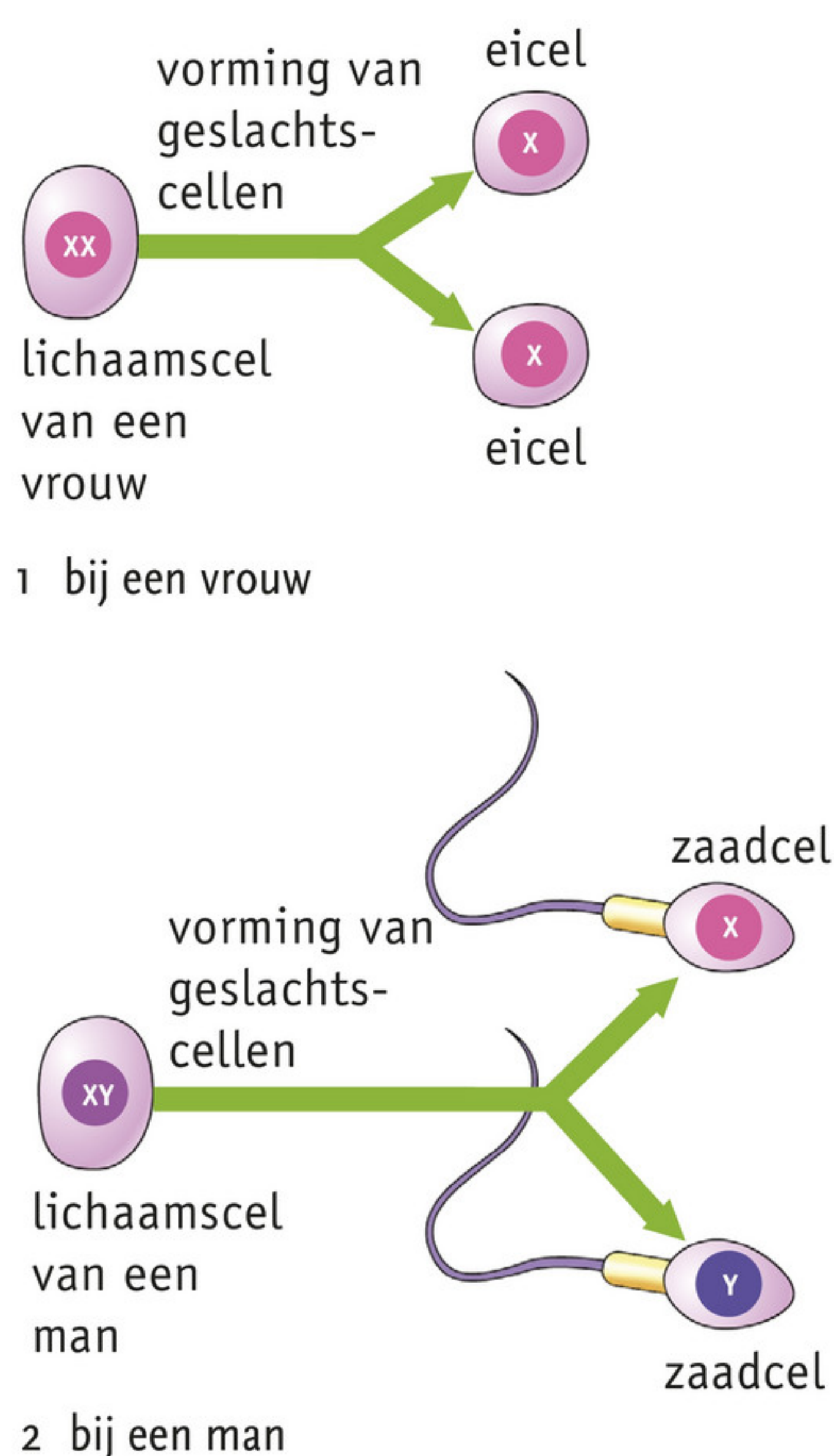
GESLACHTSCHROMOSOMEN

In afbeelding 1 in basisstof 1 staat een karyotype (of karyogram) van een man. Het 23e paar chromosomen is bij de man niet aan elkaar gelijk. Het ene chromosoom is het **X-chromosoom**, het andere het **Y-chromosoom** (XY). Bij de vrouw bestaat het 23e chromosomenpaar in een lichaamscel uit twee X-chromosomen (XX). Het karyotype van een organisme kun je ook als formule noteren. Daarbij noteer je eerst het aantal chromosomen, daarna welke geslachtschromosomen voorkomen. Bij mensen is een normaal karyotype voor een vrouw [46, XX] en voor een man [46, XY].

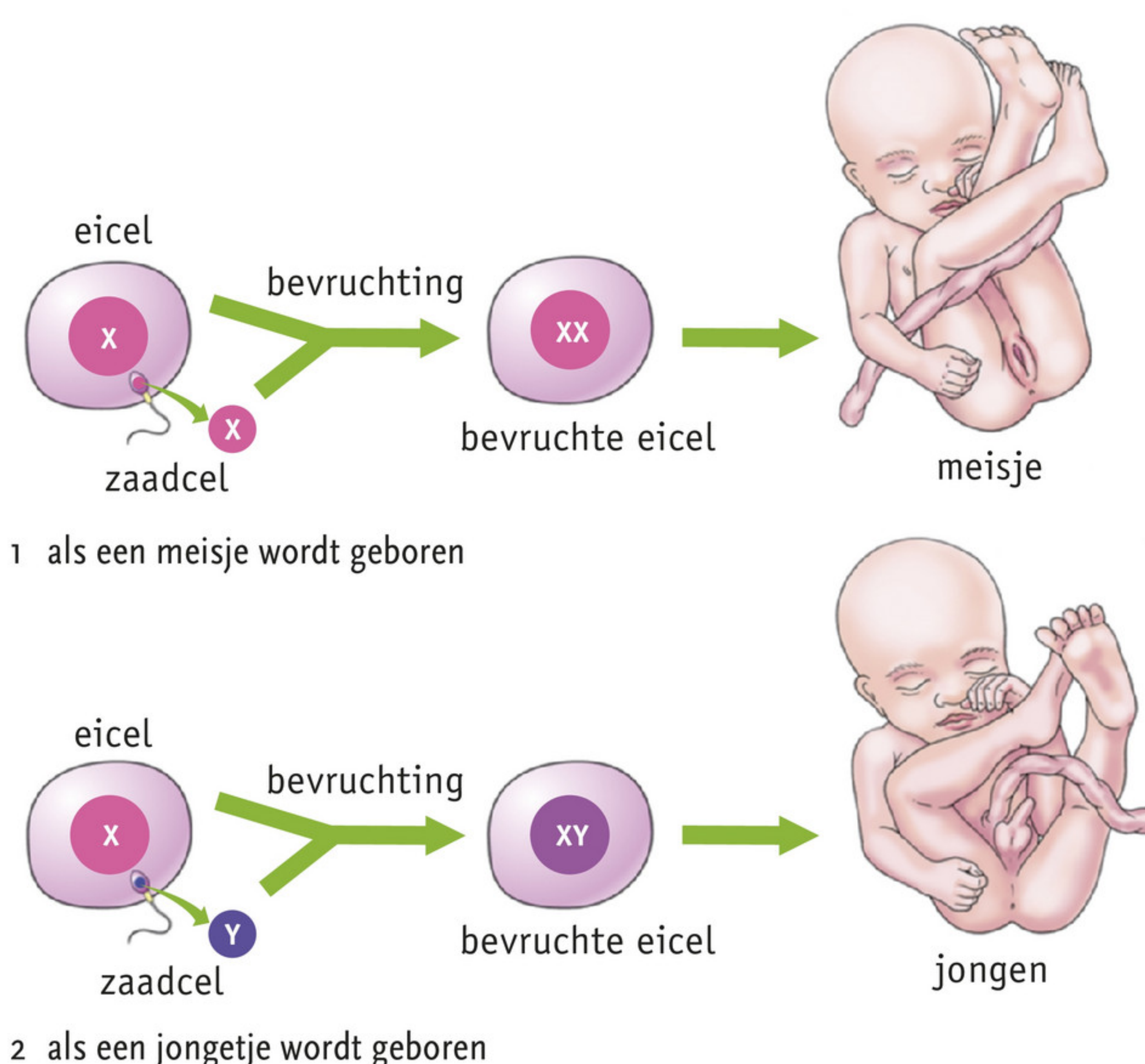
In geslachtscellen komen chromosomen enkelvoudig voor. Geslachtscellen ontstaan na meiose, waarbij de chromosomen van een paar uit elkaar gaan. Een geslachtscel bevat slechts één geslachtschromosoom. Een eikel van een vrouw bevat altijd een X-chromosoom. Een zaadcel van een man kan een X-chromosoom of een Y-chromosoom bevatten (zie afbeelding 27).

Als bij bevruchting de kern van de zaadcel een X-chromosoom bevat, ontstaat een zygote met twee X-chromosomen in de kern. Hieruit ontwikkelt zich een meisje (XX). Als de kern van de zaadcel een Y-chromosoom bevat, ontstaat een zygote met een X-chromosoom en een Y-chromosoom in de kern. Hieruit ontwikkelt zich een jongetje (XY). Het geslacht van een mens komt bij de bevruchting vast te liggen. Bepalend hiervoor is het geslachtschromosoom in de zaadcel (zie afbeelding 28).

▼ **Afb. 27** Vorming van geslachtscellen.



▼ **Afb. 28** Geslachtschromosomen bij bevruchting (schematisch).



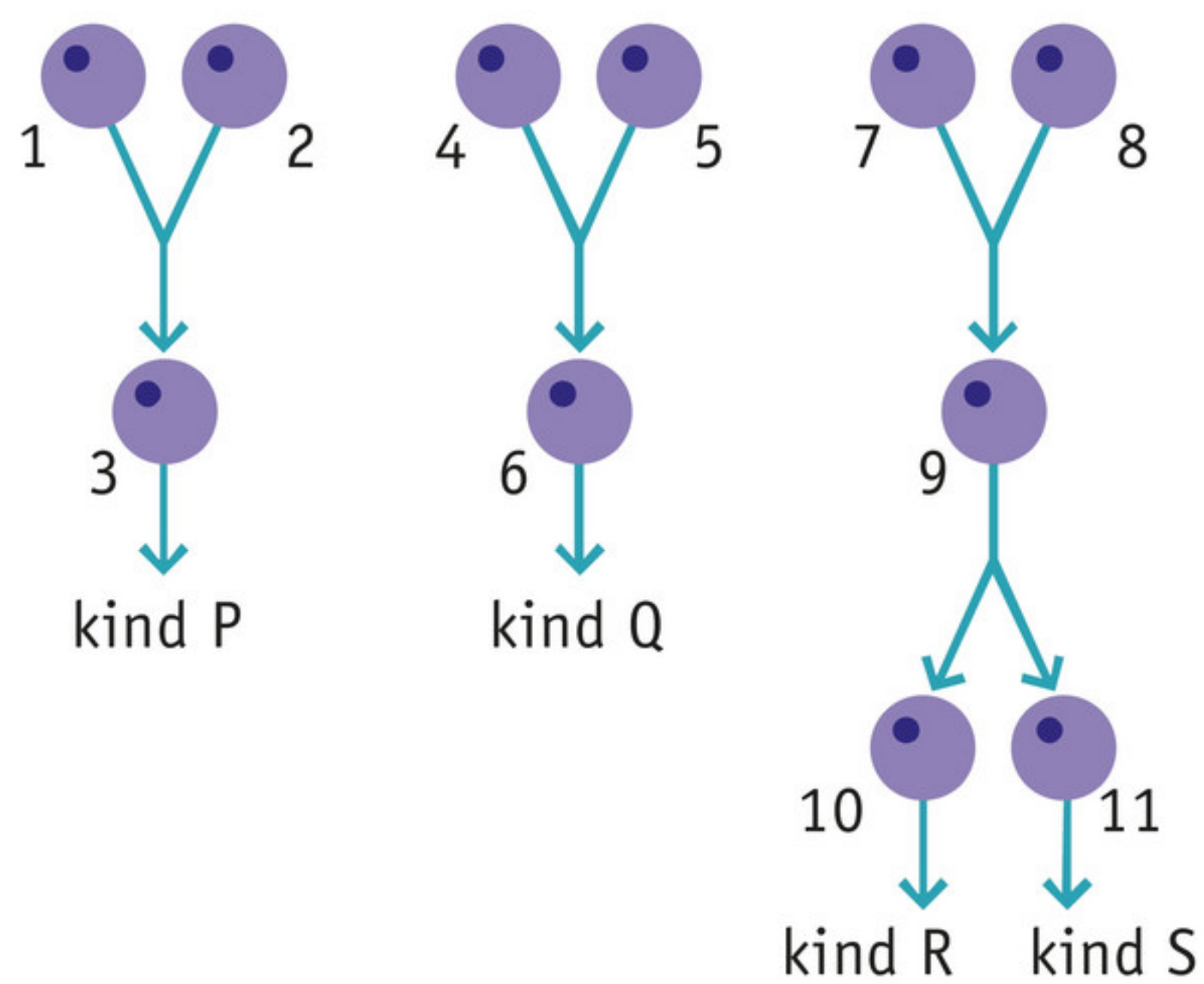
Ook bij de meeste dieren bepaalt één chromosomenpaar het geslacht van het dier. Bij zoogdieren en bij fruitvliegjes hebben de vrouwtjes twee X-chromosomen. De mannetjes hebben een X-chromosoom en een Y-chromosoom in elke lichaamscel. Bij vogels en enkele soorten vissen hebben de mannetjes twee X-chromosomen en de vrouwtjes een X-chromosoom en een Y-chromosoom in elke lichaamscel.

opdrachten

▼ **Afb. 29** Lichaamscellen met drie chromosomenparen (schematisch).



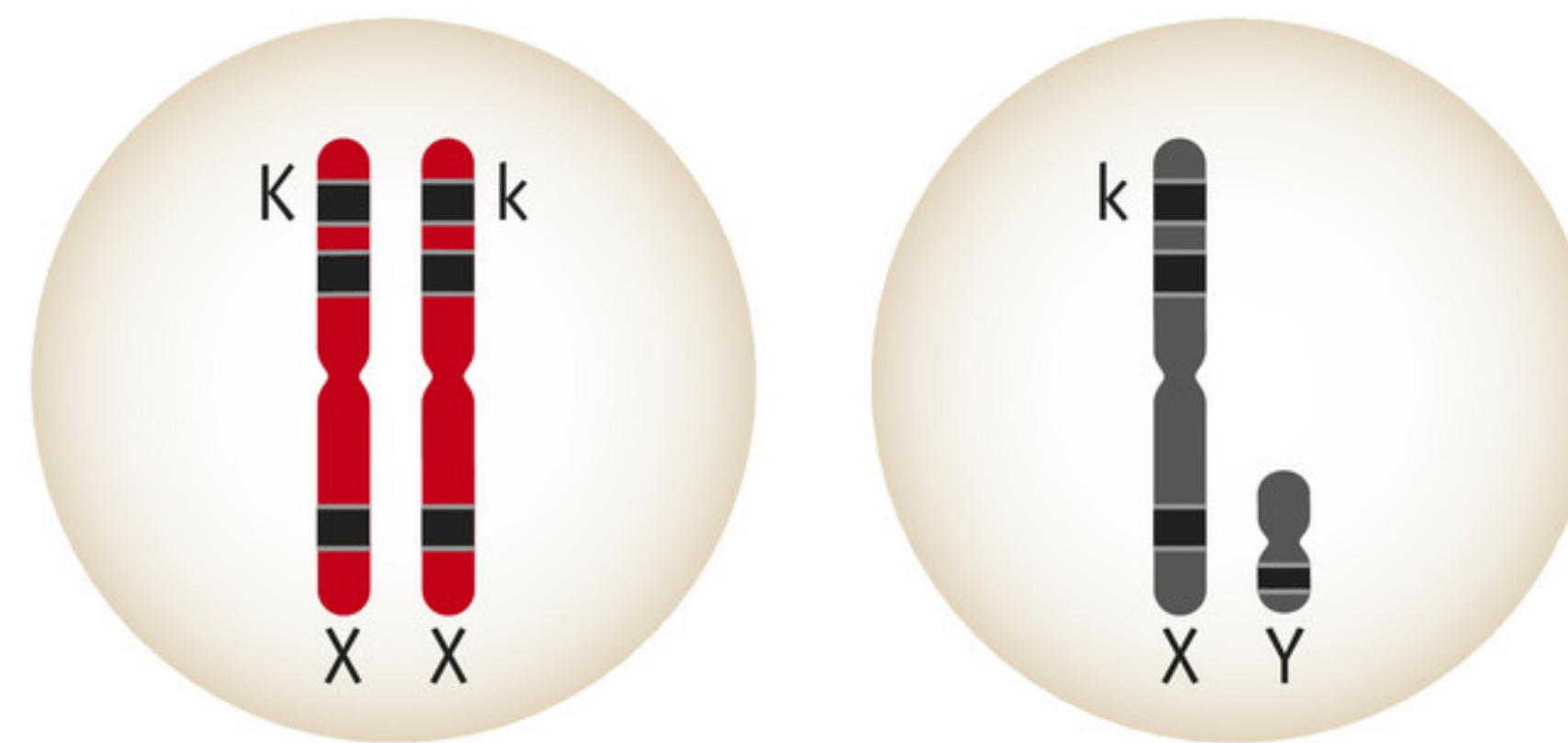
- 40** In welke cellen komen geslachtschromosomen voor: in lichaamscellen, in geslachtscellen of in beide?
- 41** In afbeelding 29 zijn twee lichaamscellen van verschillende personen schematisch getekend. In deze cellen zijn drie van de 23 chromosomenparen afgebeeld, waaronder de geslachtschromosomen. Welke cel is afkomstig van een man en welke van een vrouw? Leg je antwoord uit.
- 42** Je bekijkt met een microscoop de mitose van lichaamscellen. Welk verschil kun je waarnemen tussen delende cellen van een man en van een vrouw?
- 43 a** Welke geslachtschromosomen kunnen in een zaadcel voorkomen? En welke in een eicel?
- b** Op welk moment komt het geslacht van een mens vast te liggen? En op welke manier?
- c** Er is een jongetje geboren. Welk geslachtschromosoom bevatte de zaadcel die bij de bevruchting betrokken was?
- d** Is het X-chromosoom van een jongen afkomstig van zijn moeder of van zijn vader?
- 44** Bij konijnen zijn de geslachtschromosomen X en Y op dezelfde wijze verdeeld als bij de mens. Voor konijnen geldt $n = 22$, $2n = 44$. Geef het karyotype van een mannetjeskonijn en van een vrouwtjeskonijn in een formule.
- 45** Bij bijen wordt het geslacht op een andere manier bepaald dan door geslachtschromosomen. Bij bijen zijn de mannetjes (darren) haploïd. De darren ontwikkelen zich uit onbevuchte eicellen. Vrouwelijke bijen ontstaan uit bevruchte eicellen. Afhankelijk van de voeding ontwikkelt een zygote zich tot een koningin of een werkbij. Voor bijen geldt $n = 16$.
- a** Hoeveel chromosomen bevat de kern van een pootcel van een koningin? En hoeveel chromosomen bevat zo'n kern van een dar? Leg je antwoord uit.
- b** Hoeveel chromosomen bevat de kern van een eicel van een koningin? En hoeveel chromosomen de kern van een zaadcel van een dar?
- c** Bij bijen heeft een werkbij twee X-chromosomen in elke lichaamscel. Hoeveel geslachtschromosomen heeft een dar in elke lichaamscel? Leg je antwoord uit.
- d** Komt bij bijen een Y-chromosoom voor?

▼ **Afb. 30** Cellen van een mens.

- 46 In afbeelding 30 stelt elke cirkel een cel van een mens voor. De kinderen P en Q vormen een tweeling. Kind Q is een meisje en kind R een jongen.
- Welke cellen in de afbeelding zijn geslachtscellen?
 - Welke cellen in de afbeelding bevatten elk een paar geslachtschromosomen?
 - Welke twee kinderen vormen een eeneiige tweeling?
 - Is uit de voorgaande gegevens met zekerheid het geslacht van kind P vast te stellen? En het geslacht van kind S?
 - Cel 4 is een zaadcel.
Welke geslachtschromosomen bevatten de cellen 4 tot en met 6?
 - Cel 7 is een zaadcel.
Welke geslachtschromosomen bevatten de cellen 7 tot en met 11?

X-CHROMOSOMALE OVERERVING

Net als in autosomen liggen in geslachtschromosomen ook genen. Alleen liggen in de X-chromosomen andere genen dan in het Y-chromosoom. Daardoor erven eigenschappen op geslachtschromosomen anders over dan in autosomen. Genen die alleen in het X-chromosoom voorkomen, noem je **X-chromosomaal** (zie afbeelding 31).

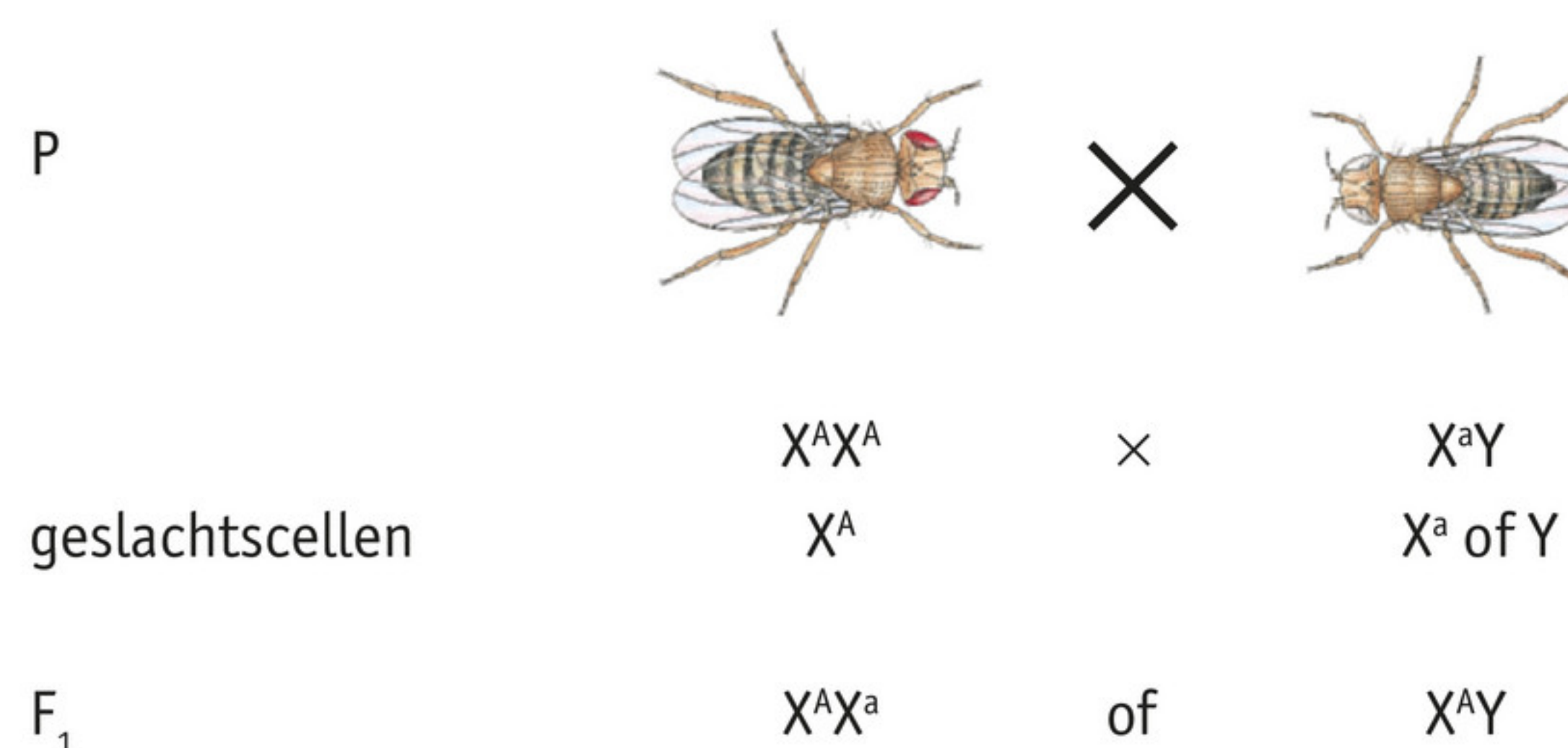
► **Afb. 31** X-chromosomale genen in lichaamscellen (schematisch).

In een kruisingsschema geef je een dominant X-chromosomaal allel aan met X^A en een recessief X-chromosomaal allel met X^a . Voor een eigenschap veroorzaakt door een X-chromosomaal gen kan een vrouw homozygoot ($X^A X^A$ of $X^a X^a$) of heterozygoot ($X^A X^a$) zijn. Een vrouw die hiervoor heterozygoot is, is een **draagster**. Voor een man zijn de termen 'homozygoot' en 'heterozygoot' niet van toepassing op eigenschappen die X-chromosomaal overerven. Een man heeft immers maar één X-chromosoom en kan voor zo'n eigenschap als genotype $X^A Y$ of $X^a Y$ hebben.

Voorbeeld van een X-chromosomaal kruisingsvraagstuk

Bij fruitvliegjes zijn de allelen voor rode en witte oogkleur X-chromosomaal. Het allel voor rode oogkleur (X^A) is dominant over het allel voor witte oogkleur (X^a). Een homozygoot roodogig vrouwtje wordt gekruist met een witogig mannetje. De F_1 -vliegjes worden onderling gekruist. Welke fenotypen komen voor in de F_2 en in welke verhouding?

In afbeelding 32 zijn de kruisingen schematisch weergegeven.

► **Afb. 32** Kruisingen van fruitvliegjes.

In de F₁ komen heterozygoot roodogige vrouwtjes voor (X^AX^a) en roodogige mannetjes (X^AY). Bij onderlinge kruising van de F₁-vliegjes krijg je:

F₁
geslachtscellen

X^AX^a

X^A of X^a

×

X^AY

X^a of Y

F₂

	♀		
♂		X ^A	X ^a
X ^A		X ^A X ^A	X ^A X ^a
Y		X ^A Y	X ^a Y

- In de F₂ komen voor:
- 50% roodogige vrouwtjes (X^AX^A en X^AX^a);
 - 25% roodogige mannetjes (X^AY);
 - 25% witogige mannetjes (X^aY).

De verhouding tussen deze fenotypen is 2 : 1 : 1.

In de F₂ zie je dat bij de mannetjes een fenotype voorkomt dat bij de vrouwtjes ontbreekt. Als je bij een kruising bij grote aantallen nakomelingen zo’n verschil aantreft, dan kun je hieruit afleiden dat er een X-chromosomaal gen bij de overerving is betrokken.

opdrachten

- 47

a

Welke fenotypen voor de erfelijke eigenschap oogkleur komen voor in de F₁ en in welke verhouding?

b

Welke fenotypen komen voor in de F₂ en in welke verhouding?

c

Bij welke van deze generaties is er verschil in oogkleur tussen de mannetjes en de vrouwtjes?
- 48

Bij mensen is het allel voor kleurenblindheid recessief en X-chromosomaal (X^k). Er zijn zes verschillende kruisingen mogelijk. Neem het volgende schema over en vul het in.

Kruising	Fenotype ouders		Genotype ouders		Kans op een kleurenblind kind	
	van de moeder	van de vader	van de moeder	van de vader	als een dochter wordt geboren	als een zoon wordt geboren
1	kleurenziend (homozygoot)	kleurenziend				
2	kleurenziend (homozygoot)	kleurenblind				
3	kleurenziend (heterozygoot)	kleurenziend				
4	kleurenziend (heterozygoot)	kleurenblind				
5	kleurenblind	kleurenziend				
6	kleurenblind	kleurenblind				

- 49 a Er worden veel meer kleurenblinde jongens dan kleurenblinde meisjes geboren.
Hoe kun je dit verklaren?
- b In een bepaalde familie wordt een kleurenblind jongetje geboren.
Kun je met zekerheid zeggen dat de vader kleurenblind is? En de moeder?
- c In een andere familie wordt een kleurenblind meisje geboren.
Kun je met zekerheid zeggen dat de vader kleurenblind is? En de moeder?
- 50 Meinard is kleurenblind. Hij is de kleinzoon van een kleurenblinde grootmoeder. In 1965 veroorzaakte hij bijna een ernstig ongeluk door als dienstplichtig militair de startbaan te kruisen waar net een straaljager daalde. De onderste lamp op de startbaan brandde en Meinard had het rode licht voor groen aangezien.
Ongeveer 8% van de mannen in Nederland heeft een afwijking in het kleurenzien, tegen 0,4% van de vrouwen. In vrijwel alle gevallen gaat het om problemen bij het onderscheiden van rood en groen. De genen die hiermee te maken hebben, zijn X-chromosomaal. Afwijkingen in het blauwzien komen zowel bij mannen als vrouwen slechts bij 0,01% voor.
- a Heeft Meinard het allel voor kleurenblindheid van zijn grootmoeder via zijn vader of via zijn moeder geërfd? Of is dat uit deze informatie niet te bepalen?
- b Welk gegeven uit de tekst maakt het onwaarschijnlijk dat kleurenblindheid voor blauw X-chromosomaal is?
- c Een roodgroenkleurenziende man en een vrouw die draagster is van een allel voor roodgroenkleurenblindheid vormen een paar. Dit paar verwacht een kind. Hoe groot is de kans dat dit kind een zoon is en dat deze zoon roodgroenkleurenblind zal zijn?
- d Hoe groot is de kans dat dit kind een dochter is en dat deze dochter roodgroenkleurenziend zal zijn?
- 51 In afbeelding 33 zie je mensen met extreme overbeharing (hypertrichose). Dit wordt veroorzaakt door een dominant X-chromosomaal allel (H).
- a Een man met hypertrichose en een vrouw zonder deze aandoening willen graag kinderen.
Welke fenotypen komen voor bij hun zonen en dochters in de F_1 en in welke verhouding?
- b Een vrouw die heterozygoot is voor hypertrichose en een man zonder hypertrichose willen kinderen krijgen.
Welke fenotypen komen voor in de F_1 en in welke verhouding?
- c Kun je afleiden dat het meisje van afbeelding 33.1 een kind is van het koppel uit opdracht a of van het koppel uit opdracht b? Leg je antwoord uit.
- d Kun je afleiden dat haar broers (afbeelding 33.2) kinderen zijn van het koppel uit opdracht a of van het koppel uit opdracht b? Leg je antwoord uit.

► Afb. 33 Hypertrichose.



1



2

CONTEXT

Beroep

Een genetisch consulente

▼ **Afb. 34** Erica aan het werk.

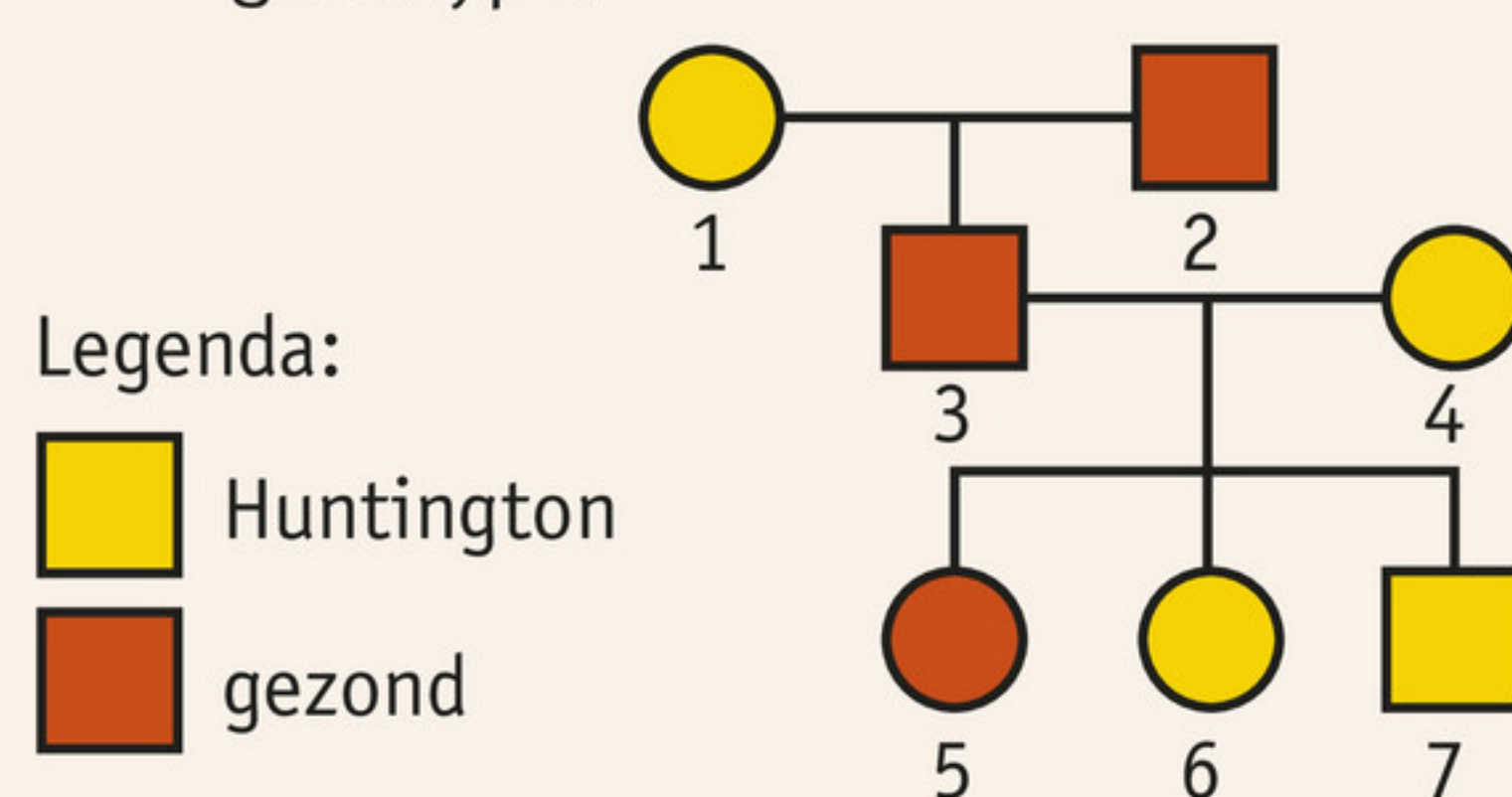


Genetisch consulente Erica Jansen begeleidt en adviseert mensen bij erfelijkheidsvragen en coördineert erfelijkheidsonderzoek bij patiënten en hun familieleden. Een van de ziekten waarover Erica regelmatig advies geeft, is de ziekte van Huntington. ‘Momenteel begeleid ik de 25-jarige Anouk. Ze twijfelt nog steeds of ze zich laat onderzoeken en voert regelmatig met mij gesprekken hierover. Anouks vader lijdt aan deze ziekte en haar oma is eraan overleden. De kans dat Anouk ook de ziekte van Huntington heeft, is 50%. Omdat ze graag samen met haar vriend Mark kinderen wil, denken ze nu samen na over een DNA-onderzoek. Ze wil de ziekte namelijk niet doorgeven aan hun kinderen.’ Huntington is een ongeneeslijke erfelijke zenuwziekte, die zich pas rond het veertigste levensjaar openbaart. Mensen die aan de ziekte lijden, vertonen allerlei onwillekeurige spierbewegingen en gaan verstandelijk achteruit. Uiteindelijk overlijden ze aan deze ziekte. De ziekte wordt veroorzaakt door te veel herhalingen van de basen C, A en G binnen het huntingtine-gen (HHT). Dit gen is verantwoordelijk voor de productie van het eiwit huntingtine. Herhalingen (repeats) van basen komen in het DNA van alle mensen voor. Maar te veel herhalingen zorgen voor problemen. Doordat het HHT-gen in plaats van 10 tot 25 keer 36 tot 120 keer voorkomt, vindt er een opeenstapeling plaats van het eiwit huntingtine. Hierdoor wordt het functioneren van zenuwcellen verstoord.

opdrachten

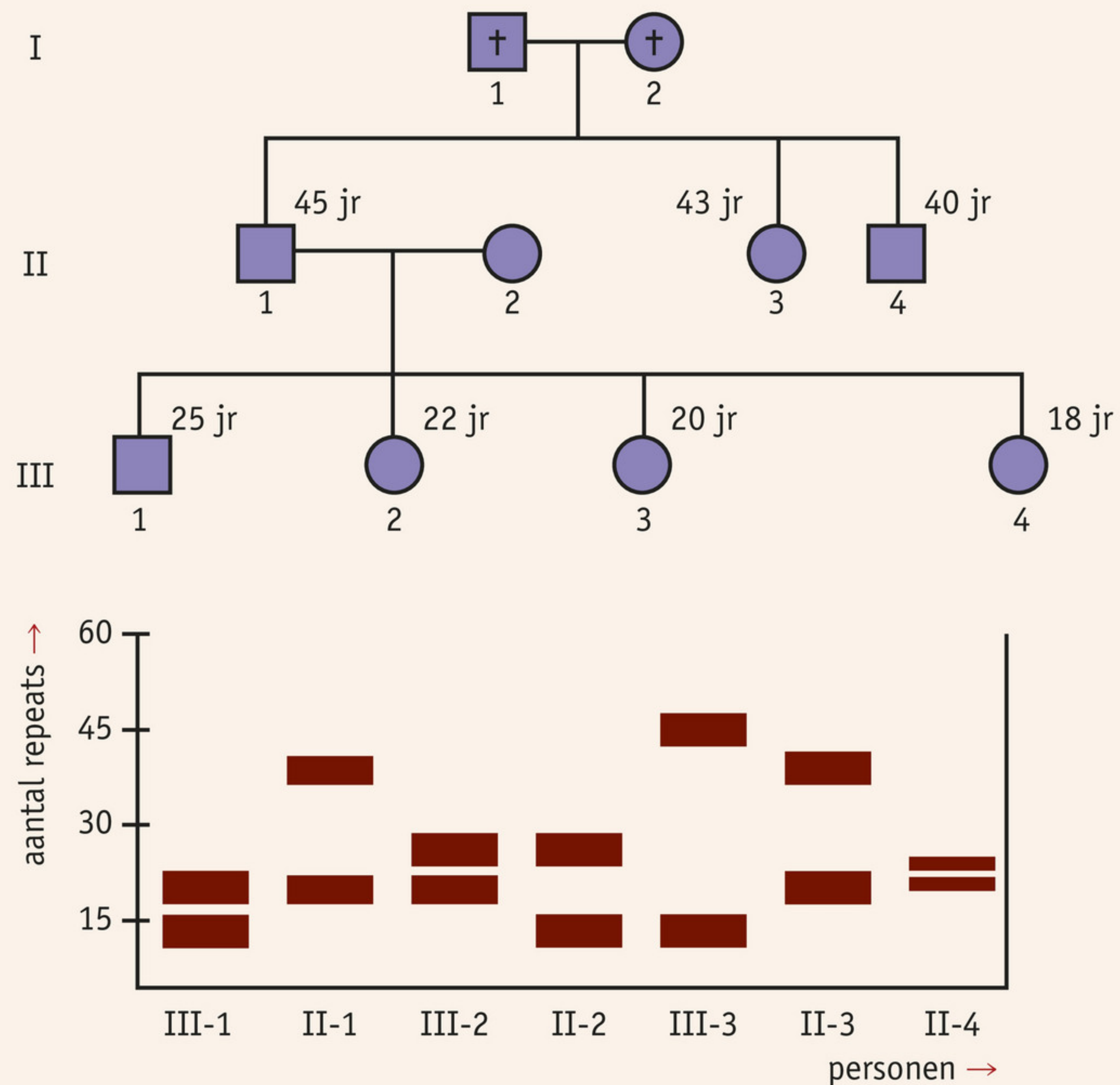
- 52 Voor het beroep van genetisch consulent heb je een hbo-opleiding nodig.
- Welke studierichting moet je hiervoor kiezen? Maak gebruik van de website van de Nederlandse Vereniging Genetisch Consulenten (NVGC).
 - Welke vaardigheden (competenties) worden van een genetisch consulent verwacht?
 - In afbeelding 35 zie je een stamboom. Bij mensen is het allel dat de oorzaak is voor de ziekte van Huntington (H) dominant over het allel voor gezond huntingtine (h). Kun je uit deze stamboom afleiden of het allel voor de ziekte van Huntington dominant is over het allel voor gezond huntingtine? Leg je antwoord uit.
 - Neem de stamboom over en noteer bij elke persoon uit de stamboom het genotype.

► **Afb. 35** Stamboom van een familie met Huntington.



- 53 In afbeelding 36 is een andere stamboom weergegeven van een familie waarin Huntington voorkomt, samen met een DNA-analyse van het huntingtine-gen van de personen uit deze familie. Hierbij wordt een allel van het huntingtine-gen met een bandje weergegeven. Van de grootouders, nummers I-1 en I-2, is geen DNA-onderzoek bekend. Grootmoeder (nummer I-2) is overleden aan de ziekte van Huntington.
- a Hoeveel van haar kinderen (generatie II in de stamboom) hebben de ziekte van Huntington?
- b Welke andere personen in deze familie hebben de ziekte van Huntington, of zullen in de toekomst de symptomen van de ziekte kunnen krijgen?

► **Afb. 36** Stamboom van een familie waarin Huntington voorkomt en een DNA-analyse van het huntingtine-gen.



Leerdoel

- Je kunt kruisingsschema’s maken voor onafhankelijke overerving van multipele allelen, letale factoren en gekoppelde genen en hieruit of uit stambomen de frequentie van genotypen en fenotypen van nakomelingen afleiden.
- Je kunt verklaren dat mitochondriale overerving kan leiden tot een andere overerving dan volgens de wetten van Mendel.

5 Speciale manieren van overerven

Het is goed om te weten welke bloedgroep je hebt, zeker als je een bloedtransfusie nodig hebt. De verdeling van bloedgroepen verschilt per regio. Ongeveer 63% van de wereldbevolking heeft bloedgroep o, bloedgroep AB komt het minst voor. Zelfs in Korea, waar AB wereldwijd het meest voorkomt, heeft slechts 9% van de mensen deze bloedgroep.

MULTIPELE ALLELEN

Voor veel erfelijke eigenschappen bestaan twee verschillende allelen. Voor de haarlijn bijvoorbeeld bestaat een allel voor een rechte haarlijn en een allel voor een V-vormige haarlijn. Een diploïd organisme heeft twee allelen per locus; bij kruisingsvraagstukken heb je steeds gekeken naar twee mogelijke allelen. Maar op populatieniveau kunnen voor sommige erfelijke eigenschappen drie of meer verschillende allelen bestaan, ook wel **multipele allelen** genoemd.

De bloedgroep bij mensen wordt bepaald door één gen, waarvoor drie allelen bestaan. Twee allelen zijn dominant (I^A en I^B) en één allel is recessief (i). De allelen I^A en I^B erven codominant over. Er zijn vier bloedgroepen: A, B, AB en o (nul). Bij mensen bevatten lichaamscellen twee allelen voor de bloedgroep. De volgende genotypen zijn dan mogelijk:

- $I^A I^A$ en $I^A i$: deze personen hebben bloedgroep A;
- $I^B I^B$ en $I^B i$: deze personen hebben bloedgroep B;
- $I^A I^B$: deze persoon heeft bloedgroep AB;
- ii : deze persoon heeft bloedgroep o.

Voorbeeld van een kruisingsvraagstuk met multipele allelen

Een man met bloedgroep o verwekt een kind bij een vrouw met bloedgroep AB. Hoe groot is de kans dat het kind bloedgroep AB heeft?

P
geslachtscellen $I^A I^B$ × ii
 I^A of I^B i

F₁

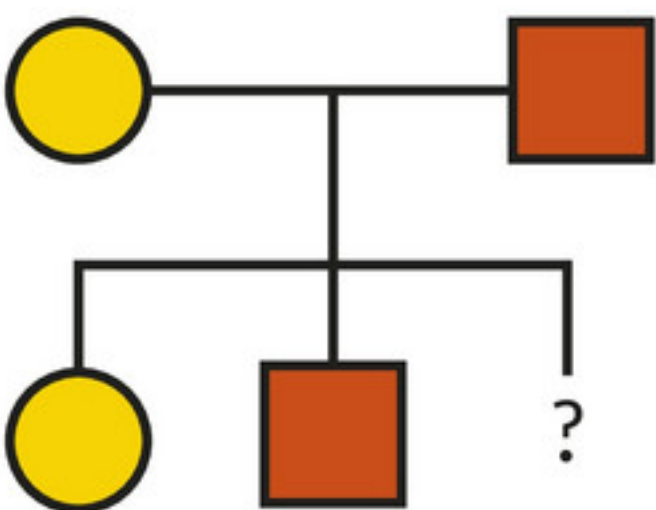
♂	♀	I^A	I^B
	i	$I^A i$	$I^B i$

De kans dat het kind bloedgroep AB ($I^A I^B$) heeft, is dus 0%.

opdrachten

- 54 Een man en een vrouw, beiden met bloedgroep AB, krijgen een kind.
- a Maak een kruisingsschema van deze kruising.
 - b Welke bloedgroepen kan het kind hebben?
 - c Wat is de kans op deze bloedgroepen?

▼ Afb. 37 Bloedgroepen in een familie.



Legenda:
[Yellow square] bloedgroep A
[Red square] bloedgroep B

- 55 Heeft iemand met bloedgroep AB een intermediair fenotype? Leg je antwoord uit.
- 56 De stamboom in afbeelding 37 geeft de overerving weer van bloedgroepen in een familie.
- a Wat zijn de genotypen van de ouders?
 - b Is het mogelijk dat het met ‘?’ aangegeven kind bloedgroep o heeft? Zo ja, hoe groot is deze kans?

LETALE FACTOREN

Bij sommige erfelijke eigenschappen komen **letale factoren** voor. Bij de overerving is dan een allel betrokken dat in homozygote toestand geen levensvatbare cellen of levensvatbaar individu oplevert. Als twee geslachtscellen versmelten die dezelfde letale factor bevatten, sterft de zygote snel. Een deel van de verwachte nakomelingschap wordt niet geboren, waardoor je bij de nakomelingen andere verhoudingen in de genotypen en in de fenotypen aantreft.

Voorbeeld van een kruisingsvraagstuk voor letale factoren

Bij kanaries is het allel voor een kuif (K) dominant over het allel voor het ontbreken van een kuif (k). Het gen K bevat een letale factor, dat wil zeggen kanaries met het genotype KK sterven in een vroeg embryonaal stadium. Twee kuifkanaries paren met elkaar. Welke fenotypen verwacht je in de F₁ en in welke verhouding?

Kuifkanaries hebben één keer het dominante allel K. Omdat het genotype KK geen levensvatbaar individu oplevert, hebben kuifkanaries het genotype Kk. Het kruisingsschema wordt dan:

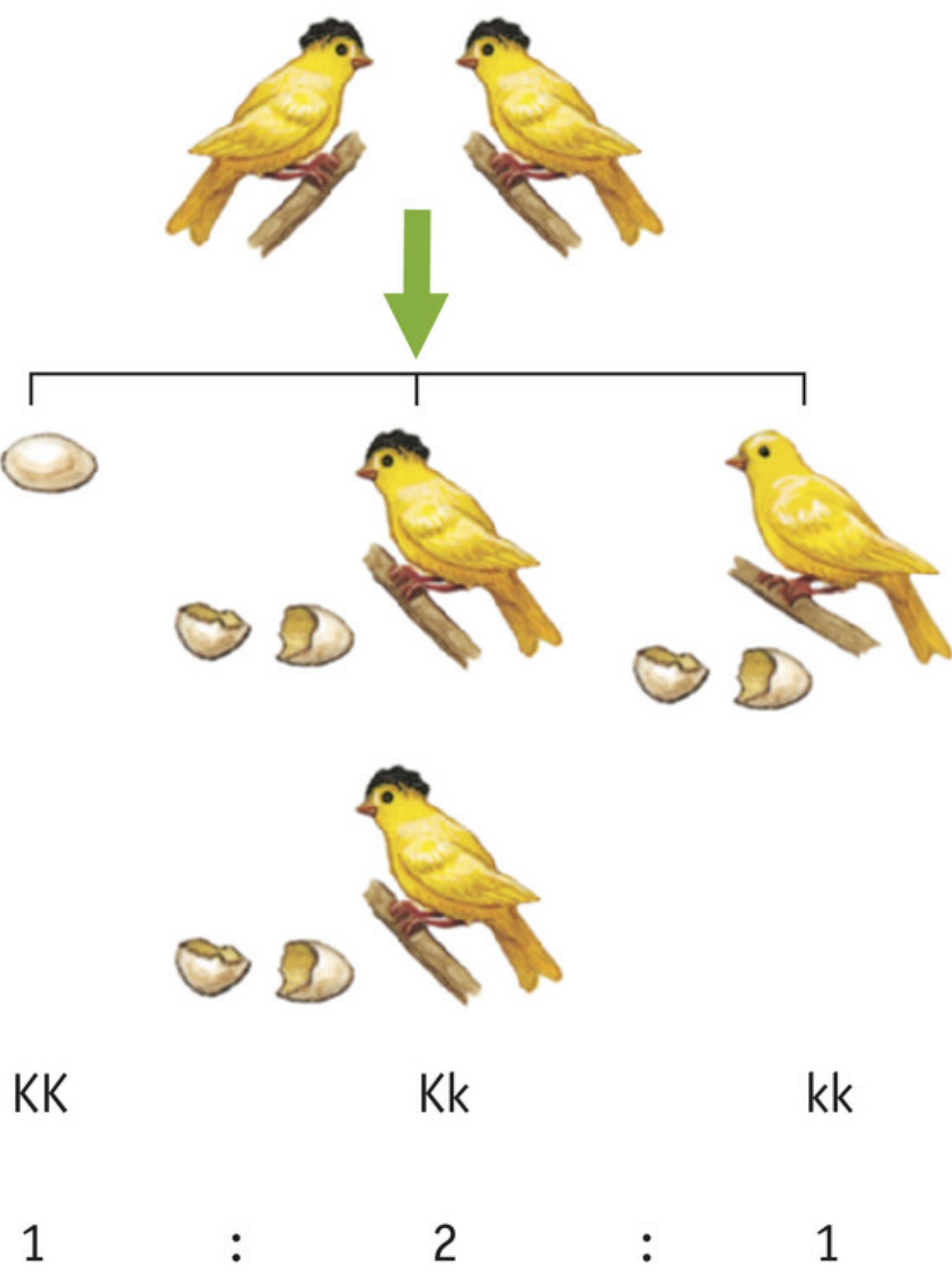
P
geslachtscellen Kk × Kk
 K of k K of k

F ₁		♀	
		K	k
♂	K	KK	Kk
	k	Kk	kk

- In de F₁ komen de volgende fenotypen voor:
- 67% kuifkanaries (Kk);
 - 33% kanaries zonder kuif (kk).

De verhouding van de fenotypen in de F₁ is 2 : 1. Van de gelegde eieren komt ongeveer 25% niet uit (zie afbeelding 38). Deze eieren tel je niet mee in de verhouding van fenotypen in de F₁.

▼ Afb. 38 Nakomelingen van kuifkanaries.



▼ Afb. 39 Peter Dinklage.



opdracht

- 57 De acteur Peter Dinklage (zie afbeelding 39) heeft de erfelijke aandoening achondroplasie (dwerggroei). Daardoor is hij slechts 1,35 m lang. Door een gestoorde kraakbeenvorming en groeischijf in de lange pijpbeenderen heeft hij gedrongen ledematen en een normale rompgrootte. Achondroplasie erft autosomaal dominant over en is letaal bij embryo's die homozygoot zijn voor de eigenschap.
- Een man en een vrouw, beiden met de aandoening achondroplasie, krijgen samen een kind.
Hoe groot is de kans dat dit kind geen achondroplasie heeft? Leg je antwoord uit met behulp van een kruisingsschema.
 - Hoe groot is de kans dat het kind de aandoening heeft?
 - Hoe groot is de kans op een miskraam?

GEKOPPELDE OVERERVING

Bij de monohybride kruisingen heb je steeds gelet op de overerving van één eigenschap. Je kunt ook kruisingen uitvoeren waarbij twee genen zijn betrokken. Als deze genen op hetzelfde chromosomenpaar liggen, spreek je van **gekoppelde genen**; er is dus sprake van **gekoppelde overerving**. Liggen ze op verschillende chromosomenparen, dan spreek je van **onafhankelijke overerving**.

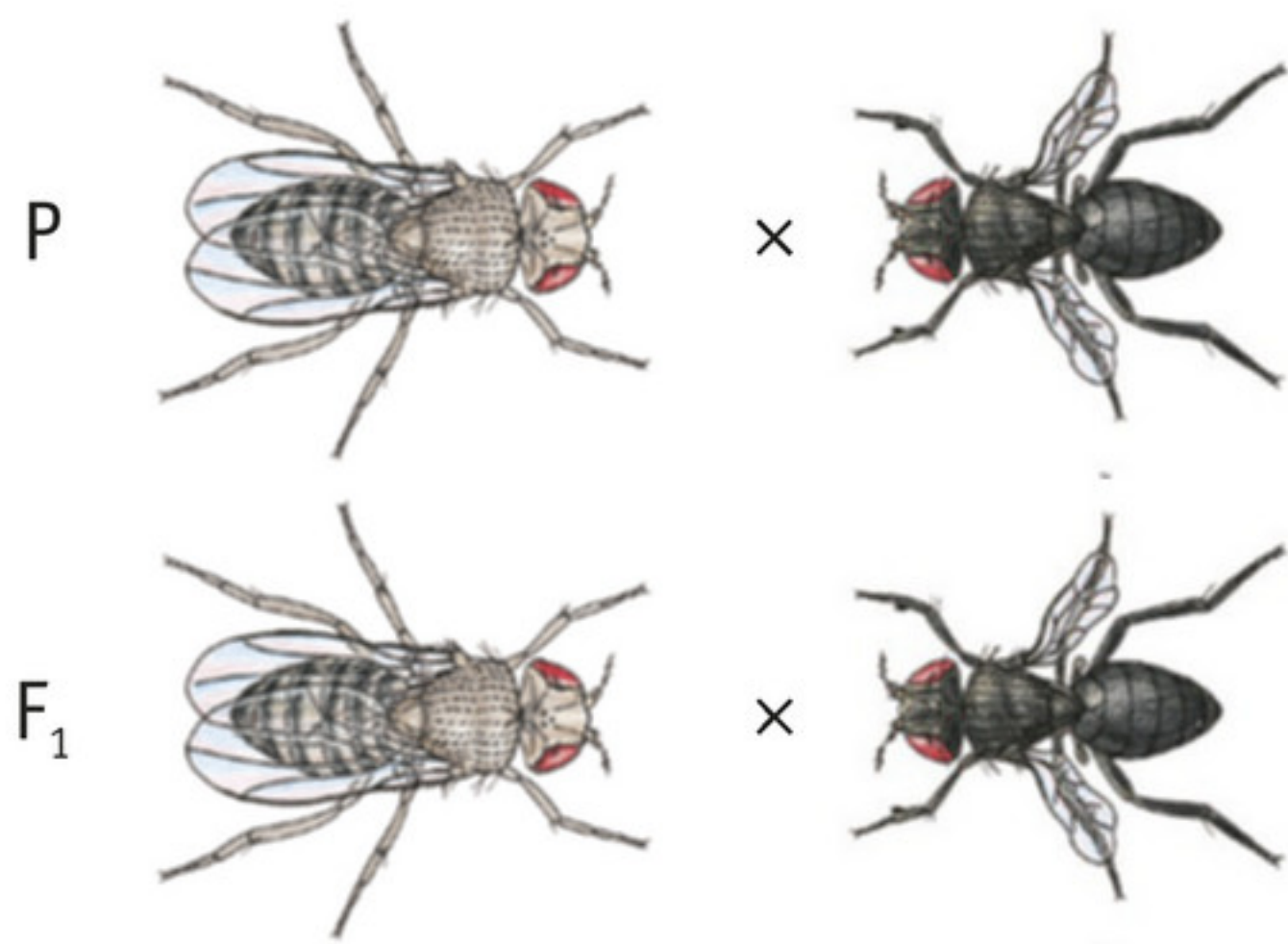
Voorbeeld van een kruisingsvraagstuk met gekoppelde genen

Bij fruitvliegjes is het allel voor grijze lichaamskleur (G) dominant over het allel voor zwarte lichaamskleur (g). Het allel voor normale vleugels (N) is dominant over dat voor vleugelstompjes (n). De genen voor lichaamskleur en vleugelvorm liggen in hetzelfde chromosomenpaar.

Een grijs vrouwtje met normale vleugels, dat voor beide eigenschappen homozygoot is, wordt gekruist met een zwart mannetje met vleugelstompjes (zie afbeelding 40). Een vrouwtje in de F₁ wordt verder gekruist met een zwart mannetje met vleugelstompjes.

Welke fenotypen verwacht je in de nakomelingschap en in welke verhouding?

▼ Afb. 40 Fruitvliegjes.



De genotypen van de ouders zijn GGNN (homozygoot dominant) en ggnn (homozygoot recessief). Het genotype van een vlieg in de F₁ is GgNn. Bij de moeder liggen de allelen G en N in hetzelfde chromosoom. Bij de vader liggen de allelen g en n in hetzelfde chromosoom. De koppeling geef je aan door het chromosomenpaar waarin de genen liggen, schematisch weer te geven.

Het genotype van de moeder geef je weer met $\frac{GN}{GN}$.

Het genotype van de vader geef je weer met $\frac{gn}{gn}$.

Een eicel van de moeder geef je weer met GN, een zaadcel van de vader met gn.

Het genotype van de F₁-vliegjes is dan: $\frac{GN}{gn}$.

Vrouwtjes in de F_1 kunnen twee typen eicellen produceren: eicellen met GN en eicellen met gn. Het kruisingsschema wordt dan:

P	$\frac{GN}{GN}$	×	$\frac{gn}{gn}$
geslachtscellen	GN	en	gn
F_1	$\frac{GN}{gn}$		

Een vrouwtje in de F_1 wordt verder gekruist met een zwart mannetje met vleugelstompjes.

P	$\frac{GN}{gn}$	×	$\frac{gn}{gn}$
geslachtscellen	GN of gn		gn

F_2			
	♀	GN	gn
♂			
gn		$\frac{GN}{gn}$	$\frac{gn}{gn}$

In de nakomelingschap van de F_2 komen de volgende fenotypen voor:

- 50% grijze vliegen met normale vleugels;
- 50% zwarte vliegen met vleugelstompjes.

De volgende fenotypen komen bij de nakomelingen niet voor:

- grijze vliegen met vleugelstompjes;
- zwarte vliegen met normale vleugels.

Bij onafhankelijke overerving zou je deze fenotypen wel in de nakomelingschap verwachten. Wanneer bij grote aantallen nakomelingen dergelijke verwachte fenotypen ontbreken, kun je hieruit afleiden dat er van gekoppelde overerving sprake is.

opdrachten

- 58** Bij een diersoort is het allel voor langharigheid (A) dominant over het allel voor kortharigheid (a). Het allel voor rechtopstaande oren (B) is dominant over dat voor hangende oren (b). Deze eigenschappen erven gekoppeld over. Een langharig vrouwtje met hangende oren wordt gekruist met een kortharig mannetje met rechtopstaande oren. De dieren zijn homozygoot voor beide eigenschappen. De dieren in de F_1 paren onderling.
- a Maak een kruisingsschema van deze kruising. Geef de genotypen schematisch weer.
 - b Welke genotypen komen voor in de F_2 ?
 - c Welke fenotypen komen voor in de F_2 en in welke verhouding?

- 59 Een plant met gele bloemen en pijlvormige bladeren wordt gekruist met een plant met witte bloemen en ovale bladeren. De F_1 -planten worden onderling bestoven.
- In de F_2 komen 39 planten voor: 28 planten met gele bloemen en pijlvormige bladeren en 11 planten met witte bloemen en ovale bladeren.
- Welk allel voor de bloemkleur is dominant? En welk allel voor de bladvorm?
 - Is hier sprake van gekoppelde of van onafhankelijke overerving? Leg je antwoord uit.
 - Welke genotypen hebben de ouderplanten?

OVERERVING DIE ANDERS VERLOOPT

Bij een letale factor is de verhouding van de fenotypen anders dan bij een monohybride kruising zonder letale factor. Er zijn meer oorzaken waardoor de overerving anders verloopt dan je volgens de wetten van Mendel verwacht. Door milieufactoren bijvoorbeeld kan een allel bij het ene individu niet tot expressie komen en bij het andere individu met een identiek genenpaar wel. Bij bepaalde muizen bijvoorbeeld kan door voeding de vachtkleur veranderen van oranjekeurig naar bruin.

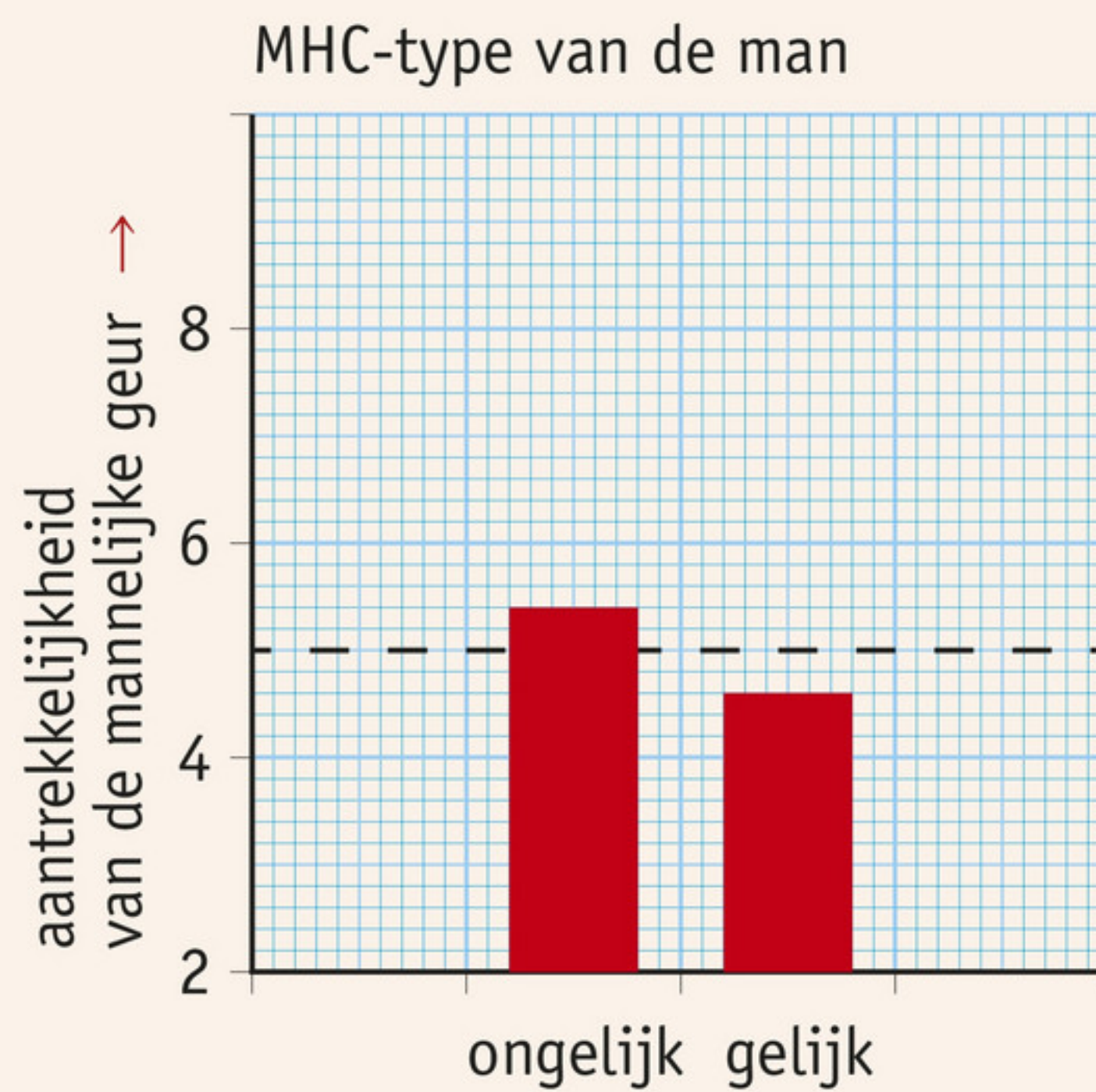
Niet alleen de celkern bevat DNA, ook de mitochondriën bevatten een klein ringvormig DNA met een klein aantal genen. Bij mitochondriale genen verloopt de overerving anders dan volgens de wetten van Mendel. Het **mitochondriaal DNA** (mtDNA) erft over via eicellen en dus niet via zaadcellen of stuifmeel. De zaadcel bevat wel mitochondriën, maar bij de bevruchting versmelt de kop van de zaadcel met een eikel. De mitochondriën van de zaadcel liggen vlak voor de zweepstaart van de zaadcel en dringen meestal niet de eikel binnen. Een eikel bevat veel mitochondriën.

opdracht

- 60 Mitochondriaal DNA kan een overdraagbare ziekte veroorzaken. Dit kan gebeuren wanneer in een gen een mutatie plaatsvindt. Een voorbeeld daarvan is de ziekte van Leber, een oogaandoening. De ziekte wordt overgedragen van moeder op kind.
- De ziekte van Leber kan alleen worden overgedragen van moeder op kind. Hoe kun je dit verklaren?
 - Met een DNA-test kan de verwantschap tussen familierelaties worden aangetoond. Hierbij wordt soms ook mitochondriaal DNA gebruikt. Kan met mitochondriaal DNA een relatie tussen vader en dochter worden aangetoond? Leg je antwoord uit.
 - Kan met mitochondriaal DNA een relatie tussen moeder en zoon worden aangetoond? Leg je antwoord uit.

Vrouw ruikt genen man?

▼ Afb. 41



Het MHC-systeem is een groep genen die een grote rol spelen bij de weerstand tegen ziekten. Deze genen blijken in staat de lichaamsgeur te beïnvloeden. Onderzoekers vroegen zich daardoor af of vrouwen in staat zijn deze genen te ruiken. En zouden vrouwen misschien een voorkeur hebben voor een man met andere MHC-genen dan zichzelf?

De onderzoekers deden een experiment om te toetsen of een vrouw de lichaamsgeur van een man aantrekkelijker en meer sexy vindt wanneer zijn MHC-genen meer verschillen van haar eigen MHC-genen. Van 103 studenten werden de genenparen van de MHC-regio in kaart gebracht. Aan 49 vrouwelijke studenten werd gevraagd de T-shirts van 44 mannelijke studenten te beoordelen. De mannen mochten geen middelen als deodorant gebruiken die de lichaamsgeuren verstoren. Ze kregen een T-shirt, parfumvrije zeep, parfumvrij wasmiddel en parfumvrije aftershave. Verder kregen ze de instructies: slaap alleen in een bed, geen seks, geen alcohol en geen sigaretten.

Aan de vrouwen werden zes T-shirts voorgelegd. Drie T-shirts waren afkomstig van mannen van wie de MHC-genen veel verschilden van de eigen MHC-genen. Drie T-shirts waren afkomstig van mannen van wie de MHC-genen weinig verschilden van de eigen genen. De vrouwen werden gevraagd hoe aantrekkelijk en sexy de geur was, beide op een schaal van 1 tot 10.

opdracht

- 61 a Welke conclusie kun je trekken uit het diagram van afbeelding 41?
- b Door genetische variatie heeft een soort een grote overlevingskans. Ook een individu kan door genetische variatie een grotere overlevingskans hebben. De voorkeur van een vrouw voor mannen met andere MHC-genen dan zichzelf kan een evolutionair voordeel voor haar nakomelingen opleveren. Leg dit uit. Gebruik daarbij: *genetische variatie* – *overlevingskans* – *recombinatie*.
- c Van een man en een vrouw zijn de allelen van twee MHC-genen bekend.

De man heeft $\frac{A1}{A3} \frac{B7}{B8}$ en de vrouw heeft $\frac{A2}{A9} \frac{B12}{B27}$.

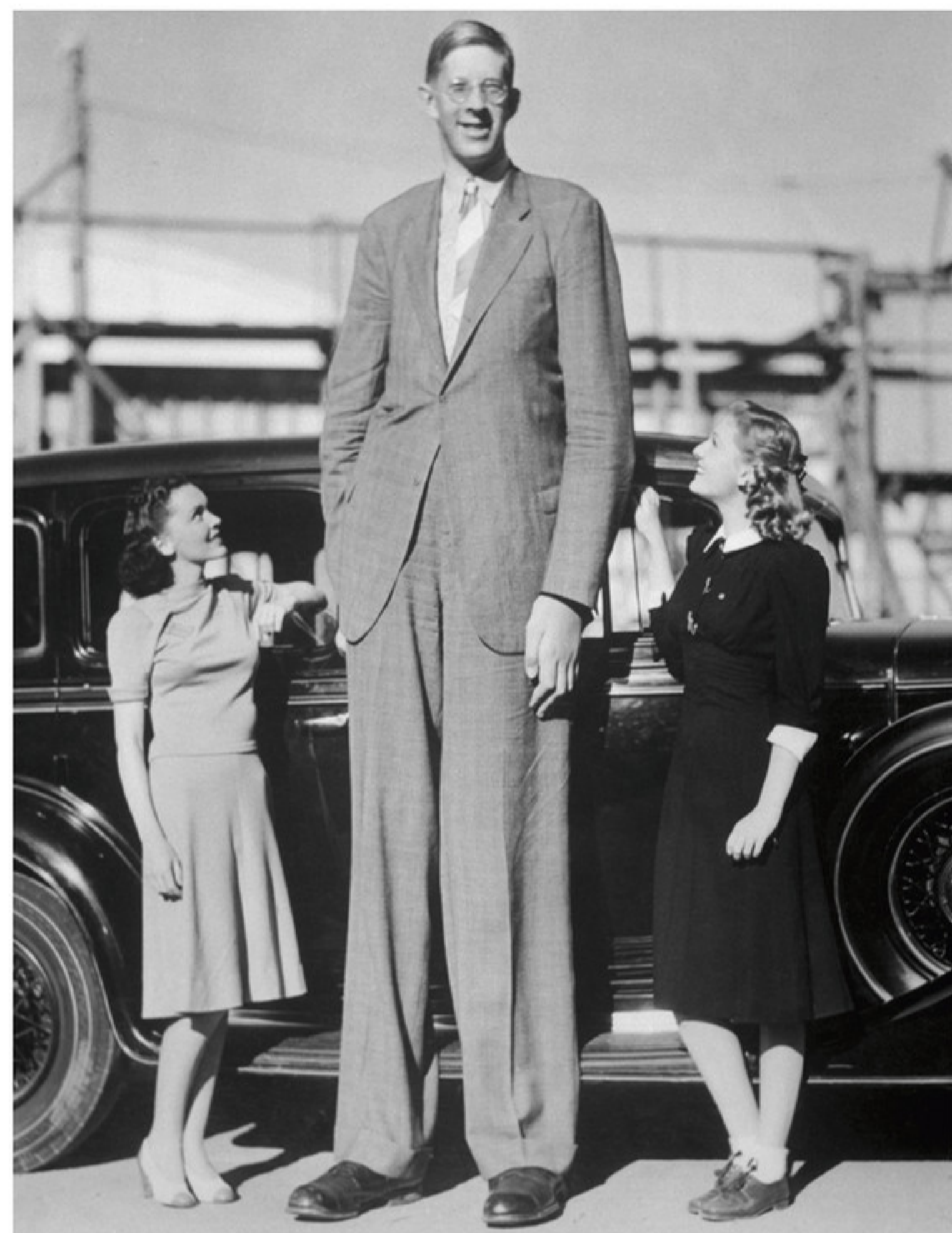
Zij hebben een kindwens.

Welke genotypen kan hun kind krijgen voor deze twee MHC-genen?

Leerdoel

- Je kunt het doel van tweelingonderzoek beschrijven.

▼ **Afb. 42** Robert Wadlow (1918–1940) werd 2,72 meter lang, waarschijnlijk veroorzaakt door een vergrote hypofyse.



6 Opvoeding of aanleg

Is goed kunnen leren aangeboren of aangeleerd? Neurobiologisch onderzoek en epigenetica geven stapje voor stapje antwoord op deze vraag. Er is steeds meer bewijs dat het gaat om een combinatie van nature en nurture.

NATURE VERSUS NURTURE

Het fenotype wordt bepaald door het genotype en door milieufactoren. Hoe groot de rol van het genotype en milieufactoren op het fenotype is, kun je bij planten en bij dieren vaak bepalen door middel van onderzoek.

Sommige eigenschappen, zoals je oogkleur, worden bijna uitsluitend bepaald door het genotype of het milieu. Zo bepaalt je genotype je bloedgroep. Hierop heeft het milieu geen invloed. Andere eigenschappen worden (vrijwel) uitsluitend door milieufactoren bepaald, zoals een litteken of de lengte van je nagels.

Het genotype stelt bij veel eigenschappen de uiterste grenzen vast en het milieu bepaalt hoe dicht de grenzen worden benaderd. Bij een mens kan in het genotype vastliggen dat de persoon maximaal 1,80 m lang kan worden. Als alle milieufactoren optimaal zijn, zal deze lengte worden bereikt. Krijg je tijdens de groei te maken met bijvoorbeeld gebrek aan voedsel, weinig slaap, zware arbeid of langdurige ziekte, dan zal deze lengte niet worden bereikt.

Omgekeerd: door milieuomstandigheden of een erfelijke afwijking kan een mens soms extreem lang worden (zie afbeelding 42).

Het genotype leidt dus niet altijd tot hetzelfde fenotype, maar leidt tot een reeks mogelijkheden van het fenotype als gevolg van de invloed van het milieu.

De rol van opvoeding op het fenotype houdt psychologen, onderwijskundigen en opvoedkundigen behoorlijk bezig. Hoe groot is bijvoorbeeld de rol van aanleg (nature) en opvoeding (nurture) op je schoolprestaties? Bij mensen is deze rol van het milieu (opvoeding) en genotype (aanleg) op het fenotype (gedrag) lastig te bepalen. Je kunt niet zomaar allerlei experimenten met mensen doen. Tweelingonderzoek kan wel een belangrijke bijdrage leveren in de **nature-nurture** discussie.

TWEELINGONDERZOEK

Tweelingonderzoek naar de bijdrage van milieufactoren en het genotype op het fenotype is erop gebaseerd dat een-eiige tweelingen hetzelfde genotype en twee-eiige tweelingen verschillende genotypen hebben. Bij zowel een-eiige als twee-eiige tweelingen zijn de leeftijd en de omgeving waarin ze opgroeien gelijk. Daarom zijn twee-eiige tweelingen ideaal als vergelijkingsmateriaal: ‘gelijk genotype en gelijk milieu’ versus ‘verschillend genotype en gelijk milieu’. Wanneer een-eiige tweelingen, bijvoorbeeld door adoptie, van jongs af aan in verschillende gezinnen opgroeien, kun je te weten komen wat de invloed is van milieufactoren op het fenotype (gelijk genotype en ongelijk milieu).

opdrachten

- 62** Pin en Pan vormen een Siamese tweeling (zie afbeelding 43). Een Siamese tweeling ontstaat uit één bevruchte eicel. De bevruchte eicel groeit uit tot een klompje cellen of een embryo. Wanneer dit klompje zich onvolledig splitst, blijven bepaalde delen met elkaar verbonden. Welke delen dat zijn, kan erg verschillen.
Hebben alle cellen van een Siamese tweeling hetzelfde genotype of hebben ze verschillende genotypen? Leg uit.

► **Afb. 43** Pin en Pan.



- 63 a** Bij tweelingonderzoek krijgen wetenschappers gegevens van twee-eiige tweelingen waarvan de leden samen in een gezin opgroeien. De leden van zulke tweelingen vertonen onderling verschillen in fenotype.
Is dit een aanwijzing dat deze verschillen grotendeels door het genotype worden bepaald, of grotendeels door milieufactoren? Leg je antwoord uit.
- b** Bij tweelingonderzoek krijgen wetenschappers soms gegevens van een-eiige tweelingen die uit elkaar gaan en onder verschillende omstandigheden opgroeien. Deze gegevens vergelijken ze met gegevens van een-eiige tweelingen die bij elkaar blijven.
Wordt hiermee de invloed van het genotype of de invloed van milieufactoren onderzocht?
- c** Veronderstel dat het genotype van invloed is op roken.
Wie zullen vaker allebei roken: een-eiige of twee-eiige tweelingen? Leg je antwoord uit.
- 64** In 1920 werd een experiment uitgevoerd waarbij de elf maanden oude Albert een witte rat kreeg om mee te spelen. Albert toonde geen angst voor de rat. Later in het experiment werd de rat met hard geluid in contact gebracht met Albert waardoor Albert vanwege het geluid moest huilen. Na blootstelling aan de rat zonder het geluid, moest Albert elke keer huilen als hij de rat zag.
- a** Welke conclusie zou je kunnen trekken uit dit experiment? Betrek hierin het begrip 'nature' of 'nurture'.
- b** Toch kun je uit dit experiment geen goede conclusie trekken.
Geef één reden.
- c** Vind je dat dit soort experimenten op kleine kinderen moet kunnen? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Leefwereld

▼ **Afb. 44** Marihuana wordt gewonnen uit hennep (*Cannabis sativa*).



Marihuana maakt niet dom

Het roken van marihuana is niet gezond, maar recent tweelingonderzoek toont aan dat het waarschijnlijk niet slecht is voor het IQ van tieners. Lang dachten wetenschappers dat marihuana schadelijk was voor het IQ. Onderzoeken waarbij zware gebruikers werden vergeleken met niet-gebruikers toonden dit aan. Nadeel van deze onderzoeken was dat de invloed van de omgeving niet kon worden uitgesloten.

In het meest recente onderzoek volgden wetenschappers tien jaar lang 789 Amerikaanse tweelingen. In deze periode namen ze vijf keer een IQ-test en een bijbehorende vragenlijst af over onder andere het gebruik van marihuana. In deze tien jaar verloren de marihuanarokers gemiddeld vier punten van hun IQ. Maar bij hun tweelingbroer of -zus, die geen marihuana rookte, gebeurde hetzelfde.

opdracht

- 65 a Voor welk orgaan zou het roken van marihuana slecht zijn?
- b Dit onderzoek is uitgevoerd met tweelingen.
Gaat het om een-eiige of twee-eiige tweelingen? Leg je antwoord uit.
- c Zowel de marihuanarokers als hun niet-rokende broers of zussen verloren gedurende tien jaar vier punten van hun IQ.
Geef hiervoor een verklaring.
- d Voor het onderzoek werd een vragenlijst gebruikt.
Wat is het nadeel van het gebruik van een vragenlijst?

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Doe online de verrijksstoffen, de flitskaarten, de oefentoets en de Versterk Jezelf.
- Ga in het boek verder met de Samenhang en de Examentrainer.

Leerdoelen

- Je kunt het nut van recombinatie toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair denken en systeemdenken toepassen op het overerven van eigenschappen.

Hoogtebestendige Tibetanen

Wat is dat toch met Tibetanen? Schijnbaar met het grootste gemak en zonder zuurstofflessen beklimmen ze de allerhoogste bergen. Sinds kort weten biologen het fascinerende antwoord.

Zelfs goedgeoefende bergbeklimmers hebben moeite om de hellingen van de Himalaya te beklimmen en de top te bereiken. Op duizenden meters boven de zeespiegel is er immers veel minder zuurstof, waardoor ze al snel naar zuurstofflessen grijpen. De Tibetaanse sherpa's, die werken als gidsen en dragers van de klimmers, hebben veel minder last van een zuurstoftekort. Dit komt doordat Tibetanen een bijzonder allel van het EPAS1-gen hebben dat de productie van hemoglobine in het lichaam reguleert. De kleurstof hemoglobine in rode bloedcellen speelt een belangrijke rol bij het zuurstoftransport van het bloed.

Het menselijk lichaam past zich aan door meer rode bloedcellen aan te maken in omstandigheden waarin er weinig zuurstof is. Maar te veel rode bloedcellen in het bloed is niet gezond. Het bloed wordt hierdoor stroperig en cellen kunnen samenklonteren waardoor verstopping (trombose) van de bloedvaten kan ontstaan. Bij Tibetanen zorgt het bijzondere allel van het EPAS1-gen ervoor dat hemoglobine zuurstof efficiënter bindt, zodat er niet zoveel rode bloedcellen worden aangemaakt.

Blijft de grote vraag: waar komt dit allel vandaan? In de zoektocht naar de oorsprong van dit allel reisden onderzoekers af naar het gebied waar Tibetanen en Han-Chinezen leven. De laatste groep leeft in de laaglanden. De onderzoekers namen van beide bevolkingsgroepen DNA af om zo de code van het bijzondere allel te ontrafelen.

Onderzoekers vonden bij Tibetanen en een klein deel van de Han-Chinezen een uniek allel van het EPAS1-gen dat nog bij geen enkel ander mens op aarde is aangetroffen. Na een zoektocht in de database van uitgestorven menssoorten vonden ze een grote gelijkenis van dit allel in het DNA van een uitgestorven mensachtige (de denisovamens). Het vermoeden bestaat nu dat zo'n veertig-

- **Afb. 1** Sherpa's lijken zonder moeite naar boven te klimmen.



duizend jaar geleden in dit gebied deze uitgestorven menssoort (*Homo denisova*) en de moderne mens (*Homo sapiens*) die veertigduizend jaar geleden vanuit Afrika naar Europa kwam, geslachtsgemeenschap met elkaar hadden. Daardoor vond er uitwisseling van genen plaats, waaronder ook het allel van het EPAS1-gen. Het allel had ongeveer achtduizend jaar nodig om zich op grote schaal te verspreiden onder de Tibetanen. Op de evolutionaire tijdschaal is dit een zeer korte periode. Ongeveer vierduizend jaar geleden splitste deze populatie mensen zich in twee groepen: de Tibetanen en de Han-Chinezen.

opdrachten

- 1 Neem de tabel over en vul de begrippen in bij het juiste organisatieniveau. Kies uit: *bergbeklimmers – bloedvaten – Denisovanen – DNA – Han-Chinezen – hart – hemoglobine – laaglanden – moderne mens – rode bloedcel – Tibetanen – zuurstof*.

Organisatieniveau	Begrip
Biosfeer	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

- 2 Waardoor kunnen verstoppingen in bloedvaten leiden tot hartproblemen?
- 3 a Waardoor is het percentage Tibetanen dat het denisova (EPAS1)-gen heeft hoger dan bij Han-Chinezen?
b Ongeveer 87% van de Tibetanen heeft de variatie van het EPAS1-gen tegenover 9% van de Han-Chinezen.
 Wat is de kans dat twee Tibetaanse ouders beiden het denisova-allel hebben?
c Wat is de kans dat twee Han-Chinezen het denisova-allel *niet* hebben?
d Twee Tibetanen die beiden heterozygoot zijn voor het denisova-allel krijgen een kind.
 Hoe groot is de kans dat hun eerste kind *niet* efficiënter zuurstof kan binden op grote hoogtes? Ga ervan uit dat het denisova-allel codominant is.
- 4 Het kan duizenden jaren duren, voordat een eigenschap is veranderd. Leg uit dat geslachtsgemeenschap van de moderne mens met de denisovamens sneller tot aanpassing leidde.
- 5 Het bijzondere EPAS1-allel wordt door sommigen ook wel het ‘super atleet allel’ genoemd. Leg dit uit.

practicumopdracht 1

MATERIAAL

- computer met internet

Practica

Digitale kruisingen met bananenvliegen

» BASISSTOF 3

In dit practicum onderzoek je hoe de vleugelvorm, een kenmerk op een autosoom, overerft bij bananenvliegen.

INLEIDING

Mendel onderzocht hoe eigenschappen overerven door erwten te kruisen. Het duurt lang voordat je genoeg nakomelingen hebt om conclusies te kunnen trekken. Bananenvliegjes (fruitvliegjes) planten zich sneller voort en zijn daardoor goede proeforganismen. Toch kosten kruisingen nog veel tijd en veel proefdieren. Om die reden doe je deze practicumopdracht virtueel.

ONDERZOEKSVRAAG

Hoe erft de vleugelvorm (recht of gekruld) over bij bananenvliegjes?

HYPOTHESE

Formuleer bij elke monohybride kruising een hypothese en een verwachting.

METHODE

- Ga naar Bioplek en voer de virtuele practicumopdracht ‘Digitale kruisingen bij bananenvliegen’ uit.
- Voer de monohybride kruising uit met twee banenvliegjes: een wildtype vrouwtje met rechte vleugels en een mutant mannetje met gekrulde vleugels (curled).
- Stel het aantal te tellen nakomelingen in.
- Formuleer de hypothese en de verwachting van P_1 .
- Voer de P_1 -kruising uit. Noteer de resultaten van F_1 .
- Formuleer op basis van de resultaten de hypothese en verwachting van P_2 .
- Voer kruising P_2 uit tot de F_2 . Noteer de resultaten.

Om het genotype van een bananenvliegje met het fenotype wild te achterhalen, kun je een proefkruising (= testkruising) doen.

- Formuleer de hypothese en verwachting van een testkruising.
- Voer de testkruising uit. Noteer de resultaten.

RESULTAAT

Neem de volgende tabel over en noteer hierin de resultaten (aantallen).

Generatie	Wild mannetjes	Wild vrouwtjes	Curly mannetjes	Curly vrouwtjes
Kruising P_1				
F_1				
F_2				
Testkruising P_1				
F_1				

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 1** Vergelijk de resultaten met je hypothesen en verwachtingen.
Komen die uitkomsten overeen? Zo nee, wat is daarvoor de verklaring?
- 2** Welke conclusies kun je trekken over de genotypen van het mannetje en het vrouwtje in de P_1 ?
- 3** Welke conclusie kun je trekken over de genotypen van de bananenvliegen in de F_1 ?
- 4** Wat is de verklaring voor de resultaten van de F_2 ?

DISCUSSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 5** Wat is de invloed van het aantal nakomelingen dat je telt?
- 6** Als je bijvoorbeeld verwacht dat bij de nakomelingen de verhouding wild : curly 75 : 25 is, betekent dat dan dat die verwachting niet uitkomt bij een verhouding van 77 : 23? Leg je antwoord uit.

Samenvatting

LEERDOEL 1 ►► BASISSTOF 1

Je kunt omschrijven wat het fenotype en wat het genotype van een organisme is.

- Fenotype: de waarneembare eigenschappen van een individu.
 - Het fenotype wordt bepaald door het genotype en milieufactoren.
 - Modificatie: verandering in fenotype, veroorzaakt door milieufactoren; een modificatie is niet erfelijk.
- Genotype: informatie voor alle erfelijke eigenschappen van dat individu.
- Bij de mens komen in een lichaamscel 23 paar chromosomen voor ($2n$):
 - 22 paar autosomen;
 - 1 paar geslachtschromosomen.
- Homologe chromosomen: chromosomen die gelijk van lengte en vorm zijn.

LEERDOEL 2 ►► BASISSTOF 1

Je kunt omschrijven wat DNA-sequentie en genexpressie betekenen.

- Gen: een deel van een chromosoom dat de informatie bevat voor een of meer erfelijke eigenschappen of een deel van een erfelijke eigenschap.
 - Allel: variant van een gen.
- Nucleotiden: bouwstenen van DNA.
 - Een nucleotide bestaat uit een fosfaatgroep, desoxyribose en een stikstofbase.
 - Elke keten bestaat uit vele duizenden aan elkaar gekoppelde nucleotiden.
 - In een DNA-molecuul komen vier verschillende stikstofbasen voor: adenine (A), thymine (T), cytosine (C) en guanine (G). De stikstofbasen van de twee ketens zijn met elkaar verbonden. Ze vormen vaste paren (basenparing). Adenine is steeds met thymine verbonden, en cytosine steeds met guanine.
- Genoom: alle DNA-moleculen in een cel.
- DNA-sequentie: specifieke volgorde van de stikstofbasen.
- Genexpressie: het aanzetten van genen. Hierdoor komen erfelijke eigenschappen dan tot uiting.
- Inactivatie: het uitzetten van genen.

LEERDOEL 3 ►► BASISSTOF 1

Je kunt uitleggen dat een fenotype tot stand komt door de combinatie van genotype en de invloed van milieufactoren.

- Het fenotype wordt bepaald door het genotype en door milieufactoren, bijv. licht, lucht, vochtigheid, temperatuur, voeding, ziekten en opvoeding.
- Modificatie: verandering van het fenotype.
 - De informatie in de chromosomen verandert niet en wordt niet doorgegeven aan nakomelingen.

LEERDOEL 4 ►► BASISSTOF 2

Je kunt uitleggen hoe het fenotype van een organisme tot stand komt en hierbij de begrippen homozygoot, heterozygoot, dominant en recessief gebruiken.

- Locus: plaats van een gen in het chromosoom.
- In lichaamscellen komen genen in paren voor (genenpaar).
- In geslachtscellen komen genen enkelvoudig voor.
- Homozygoot: het genenpaar voor een eigenschap bestaat uit twee gelijke genen.
- Heterozygoot: het genenpaar voor een eigenschap bestaat uit twee ongelijke genen.
- Dominant allel: een allel dat altijd tot uiting komt in het fenotype.
 - Individuen bij wie een dominant gen tot uiting komt in het fenotype, zijn homozygoot of heterozygoot voor deze eigenschap.
- Recessief allel: een allel dat alleen tot uiting komt in het fenotype als er geen dominant gen aanwezig is.
 - Individuen bij wie een recessief gen tot uiting komt in het fenotype, zijn homozygoot voor deze eigenschap.
- Onvolledig dominant: een recessief allel komt bij een heterozygoot individu een beetje tot uiting in het fenotype.
- Intermediair fenotype: beide allelen van een genenpaar komen als mengvorm tot uiting in het fenotype.
- Codominantie: beide allelen komen volledig tot uiting in het fenotype.

LEERDOEL 5 ►► BASISSTOF 2

Je kunt beschrijven hoe door recombinatie nieuwe combinaties van allelen ontstaan.

- Recombinatie: het ontstaan van genetische variatie (nieuwe combinaties van allelen).
 - Recombinatie vindt plaats door meiose en geslachtelijke voortplanting.
 - Tijdens meiose I gaan chromosomen van een chromosomenpaar uiteen, waardoor er geslachts-cellen met verschillende genotypen ontstaan. In de geslachtscellen kunnen 2ⁿ verschillende genotypen voorkomen (bij de mens 2²³).
 - Door recombinatie ontstaat een grote genetische variatie door verscheidenheid in genotypen. Hierdoor heeft een soort een grote overlevingskans, vooral bij veranderende milieuomstandigheden.
- Mutatie: verandering in een erfelijke eigenschap.

LEERDOEL 6 ►► BASISSTOF 3

Je kunt van een monohybride kruising een kruisingsschema opstellen.

- Monohybride kruising: kruising waarbij je let op de overerving van één eigenschap.
 - Bij een monohybride kruising is één genenpaar betrokken.
- Het opstellen van een kruisingsschema:
 - Geef de genotypen van de ouders in een kruising weer (een dominant gen met een hoofdletter, een recessief gen met een kleine letter).
 - Stel vast welke genen de geslachtscellen van beide ouders kunnen bevatten.
 - Ga na welke mogelijkheden er bestaan voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern.
- Kruisingsschema van een monohybride kruising:

P: AA × aa
geslachtscellen A a
F₁ Aa
geslachtscellen A of a A of a
F₂

♀ \ ♂	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

- Verhouding in de F₂:
genotypen: AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1;
fenotypen: fenotype waarbij het dominante gen tot uiting komt : fenotype waarbij het recessieve gen tot uiting komt = 3 : 1.

LEERDOEL 7 ►► BASISSTOF 3

Je kunt de frequentie van genotypen en fenotypen van nakomelingen bij een monohybride kruising afleiden uit een kruisingsschema of stamboom.

- P: Aa × aa.
 - Verhouding in de F₁:
genotypen: Aa : aa = 1 : 1;
fenotypen: fenotype waarbij het dominante gen tot uiting komt : fenotype waarbij het recessieve gen tot uiting komt = 1 : 1.
- P: Aa × Aa.
 - Verhouding in de F₁:
genotypen: AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1;
fenotypen: fenotype waarbij het dominante gen tot uiting komt : fenotype waarbij het recessieve gen tot uiting komt = 3 : 1.
- Testkruising: uit de F₁ leid je af of een individu homozygoot of heterozygoot is voor een bepaalde eigenschap. Hiervoor kruis je een individu met een homozygoot recessief individu: AA × aa of Aa × aa. Alleen bij een heterozygoot individu komt het recessieve allel tot uiting in de F₁.
- Stambomen: als twee ouders met gelijk fenotype een nakomeling krijgen met een afwijkend fenotype, zijn beide ouders heterozygoot voor deze eigenschap (Aa).
 - De nakomeling is dan homozygoot recessief voor deze eigenschap (aa).

LEERDOEL 8 ►► BASISSTOF 4

Je kunt beschrijven op welke wijze de geslachtschromosomen het geslacht van een mens bepalen.

- Bij een man:
 - in een lichaamscel twee ongelijke geslachtschromosomen (XY);
 - in een zaadcel een X-chromosoom of een Y-chromosoom.
- Bij een vrouw:
 - in een lichaamscel twee gelijke geslachtschromosomen (XX);
 - in een eicel een X-chromosoom.
- Karyotype: de chromosomen van een eukaryote cel naar grootte en in paren gerangschikt. Ook wel chromosomenportret of karyogram genoemd.
 - Het karyotype kan ook worden weergegeven in een formule. Bij de mens is dat [46, XX] voor een vrouw en [46, XY] voor een man.

- Het geslacht van een individu komt vast te liggen op het moment van bevruchting.
 - Een meisje ontstaat als een eicel (met een X-chromosoom) wordt bevrucht door een zaadcel met een X-chromosoom.
 - Een jongen ontstaat als een eicel (met een X-chromosoom) wordt bevrucht door een zaadcel met een Y-chromosoom.

LEERDOEL 9 ►► BASISSTOF 4

Je kunt een kruisingsschema maken voor X-chromosomale overerving en hieruit of uit stambomen de frequentie van genotypen en fenotypen van nakomelingen afleiden.

- Bij X-chromosomale overerving liggen de genen voor deze eigenschap in de geslachtschromosomen.
 - De X-chromosomen bevatten elk een gen.
 - De Y-chromosomen bevatten geen gen.
- X-chromosomale genen worden weergegeven als X^A of X^a .
 - Een vrouw kan als genotype X^AX^A , X^AX^a of X^aX^a hebben.
 - Een man kan als genotype X^AY of X^aY hebben.

LEERDOEL 10 ►► BASISSTOF 5

Je kunt kruisingsschema's maken voor onafhankelijke overerving van multiële allelen, letale factoren en gekoppelde genen en hieruit of uit stambomen de frequentie van genotypen en fenotypen van nakomelingen afleiden.

- Multiële allelen: voor één erfelijke eigenschap bestaan drie of meer verschillende allelen. Bijv. voor de bloedgroepen van de mens bestaan drie allelen: I^A , I^B en i .
 - I^AI^A of I^Ai : bloedgroep A;
 - I^BI^B of I^Bi : bloedgroep B;
 - I^AI^B : bloedgroep AB;
 - ii : bloedgroep o.
- Letale factor: een allel dat geen levensvatbaar individu oplevert als een genenpaar bestaat uit twee van zulke allelen.
 - Als beide ouders dezelfde letale factor bezitten, wordt een deel van de verwachte nakomelingschap niet geboren.
- Onafhankelijke overerving: twee genenparen liggen in verschillende chromosomenparen.
- Gekoppelde overerving: twee genenparen liggen in hetzelfde chromosomenpaar.

- In kruisingsopgaven wordt de koppeling als volgt aangegeven:
 - het genotype van een homozygoot dominant individu wordt weergegeven als: $\frac{GN}{GN}$;
 - het genotype van een homozygoot recessief individu als: $\frac{gn}{gn}$.

LEERDOEL 11 ►► BASISSTOF 5

Je kunt verklaren dat mitochondriale overerving kan leiden tot een andere overerving dan volgens de wetten van Mendel.

- Mitochondriën bevatten een klein ringvormig DNA (mtDNA) met een klein aantal genen. Mitochondriaal DNA erft alleen via de eicel over naar een volgende generatie.

LEERDOEL 12 ►► BASISSTOF 6

Je kunt het doel van tweelingonderzoek beschrijven.

- Door tweelingonderzoek probeert men meer zicht te krijgen op de invloed die het genotype heeft en welke invloed milieufactoren hebben op het fenotype.
 - De individuen van een eeneiige tweeling hebben hetzelfde genotype.
 - Een twee-eiige tweeling lijkt net zoveel op elkaar als andere broers of zussen en kan van verschillend geslacht zijn.
 - Bij een eeneiige tweeling (die gescheiden opgroeit) kan worden onderzocht welke invloed milieufactoren en genotype hebben op het fenotype.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt de volgende vaardigheden geoefend:

- doelgericht zoeken, selecteren en verwerken van informatie;
- analyseren welke rol genetica heeft in natuurwetenschappelijk onderzoek, beroepen en de dagelijkse praktijk;
- toepassen van verschillende fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek;
- uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
- evalueren van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
- geven van een beargumenteerde mening;
- verklaren van overerving van eigenschappen op het niveau van organismen en populaties met behulp van evolutiemechanismen (evolutionair denken);
- met elkaar in verband brengen van genetica op verschillende organisatieniveaus (systeemdenken).

Examentrainer

NONNETJES SLACHTOFFER VAN KLIMAATVERANDERING

Pilotexamen havo 2014-2, vraag 20 en 21.

De schelpen waarmee de Nederlandse stranden bezaaid liggen, zijn veelal afkomstig van nonnetjes. Nonnetjes zijn weekdieren die in de Waddenzee voorkomen. De kleur van de schelpen van nonnetjes wordt door één autosomaal gen bepaald. Van dit gen bestaan vier varianten: (R) rood, (O) oranje, (G) geel en (W) wit. R is dominant over alle andere varianten, O is dominant over G en W, en G is alleen nog dominant over W.

2p 1 Hoe wordt een variant van een gen genoemd?

- A allel
- B fenotype
- C genotype
- D recombinatie

Eén heterozygoot nonnetje met een rode schelp wordt gekruist met één nonnetje met een witte schelp.

2p 2 Hoeveel verschillende kleuren schelpen kunnen onder de nakomelingen van deze twee nonnetjes voorkomen?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4

EVOLUTIE BIJ PETUNIAVARIANTEN

Examen 2015-1, vragen 16, 17 en 18.

In Zuid-Amerika komen twee kleurvarianten van de petunia naast elkaar voor. Naast het opvallende kleurverschil van de dieppaarse en helderwitte bloemen valt in het veld op dat de witte bloemen 's avond en 's nachts een sterke geur verspreiden en worden bezocht door nachtvlinders. De paarse bloemen geuren niet, maar hebben een opvallende tekening die zichtbaar is in ultraviolet licht. Petunia's met paarse bloemen worden bestoven door bijen en hommels. In de natuur vindt geen kruising tussen beide kleurvarianten plaats en de beide varianten kennen geen kleurafwijkingen en ook geen enkele afwijking in bloemvorm of geur.

2p 3 Welke uitspraak over de beide varianten is juist?

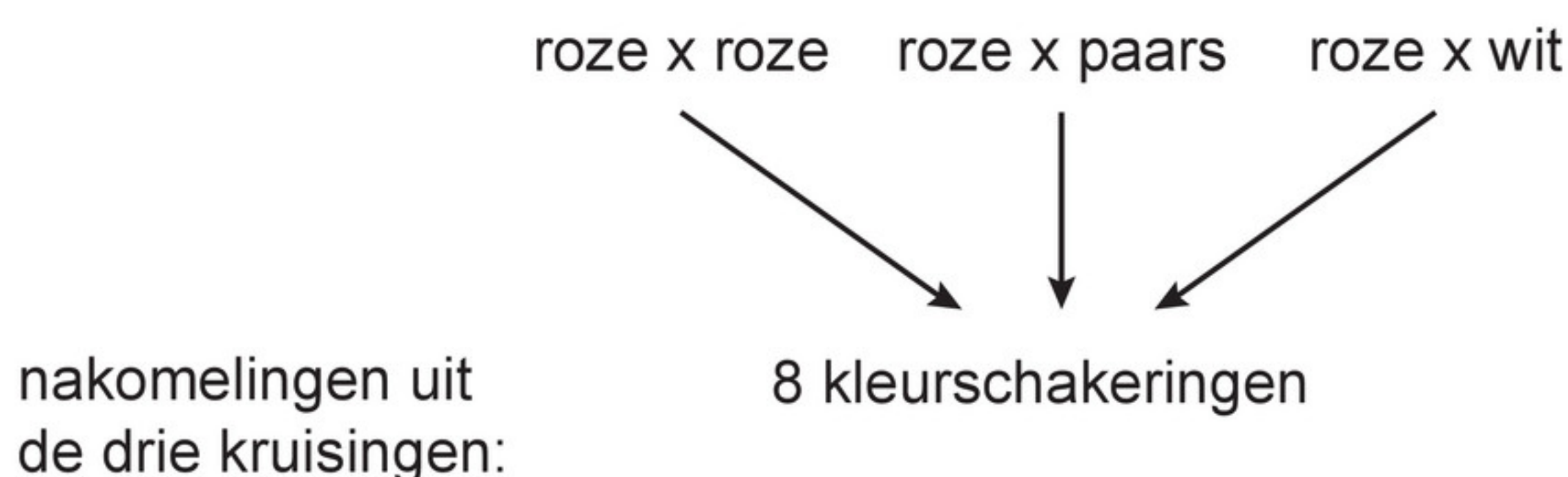
- A Beide varianten zijn voor de genoemde eigenschappen heterozygoot.
- B Beide varianten zijn voor de genoemde eigenschappen homozygoot.
- C De paarse variant vormt één kloon en de witte variant is een andere kloon.

Bij kunstmatige bestuiving planten de beide petuniavarianten zich wél onderling voort en leveren dan vruchtbare nakomelingen. De eerste generatie nakomelingen van een kruising tussen beide varianten draagt allemaal roze bloemen.

1p 4 Hoe wordt een fenotype, zoals dat van deze eerste generatie nakomelingen, genoemd?

Om het overervingspatroon van de bloemkleur bij petunia's te bestuderen, werden kruisingen uitgevoerd. In afbeelding 1 staan de drie kruisingen die met de roze bloemen uit de F₁ werden gedaan.

▼ Afb. 1 Petunia.



Over de overerving van de bloemkleur werden twee hypothesen opgesteld:

- 1 De bloemkleur bij de petunia komt tot stand door één gen met een groot aantal verschillende allelen.
- 2 De bloemkleur bij de petunia komt tot stand door verschillende genen die elk met twee of meer allelen kunnen voorkomen.

2p 5 Welke hypothese moet of welke hypothesen moeten op grond van de resultaten in afbeelding 1 worden verworpen?

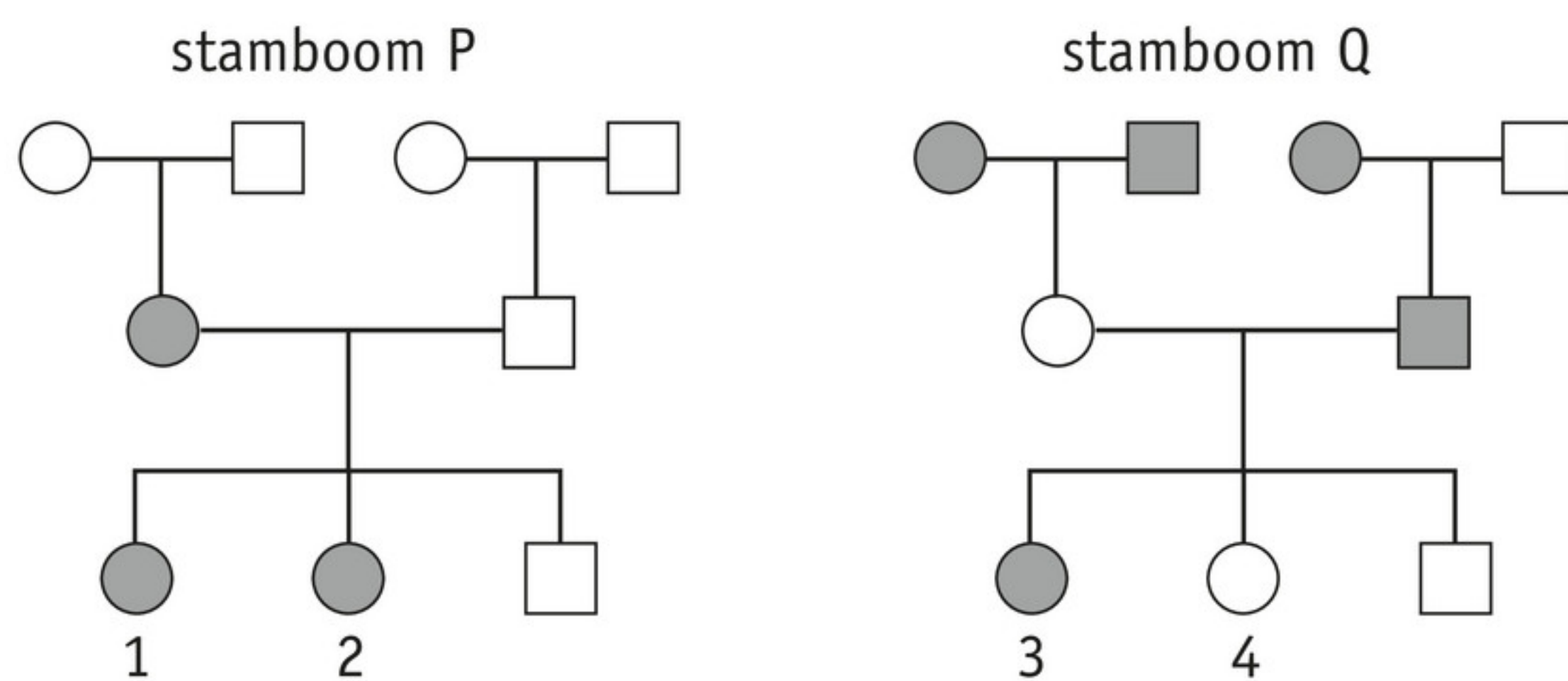
- A geen van beide hypothesen
- B alleen hypothese 1
- C alleen hypothese 2
- D beide hypothesen

COSMETISCHE INGREPEN

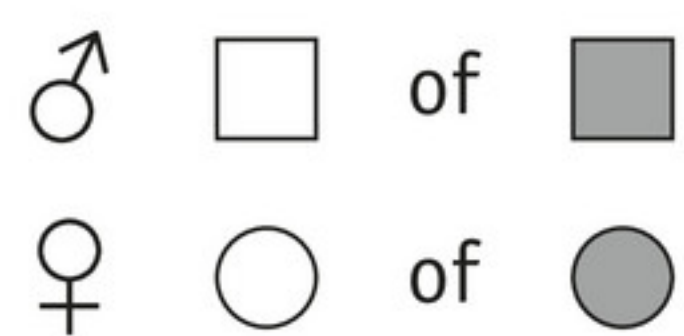
Naar pilotexamen havo 2014-1, vraag 1.

Het Amerikaanse meisje Charlene wil voor haar verjaardag een neuscorrectie. Zij heeft een Romeinse (lichtgebogen) neus. De neusvorm wordt erfelijk bepaald. Het allel voor een Romeinse neus is dominant ten opzichte van het allel voor een rechte neus. Deze allelen zijn autosomaal. In afbeelding 2 zijn twee stambomen van Charlenes familie weergegeven. In één van de twee is de overerving van het gen voor de eigenschap gebogen neus en rechte neus weergegeven; de andere stelt de overerving voor van een gen voor een andere eigenschap.

▼ **Afb. 2** Stamboom van de familie van Charlene.



Legenda:



- 2p 6 a In welke stamboom is de overerving van het gen voor de neusvorm weergegeven?
b En welke persoon in die stamboom stelt Charlene voor?

SMETVREES, IS DAT ERFELIJK?

Pilotexamen havo 2014-1, vragen 35 en 36.

Mensen die lijden aan OCS (obsessieve compulsieve stoornis) worden gehinderd door dwanghandelingen en/of dwanggedachten. Ze hebben bijvoorbeeld smetvrees en staan dan dagelijks uren onder de douche. Of ze zijn dwangmatig bezig van alles te verzamelen of te tellen. Psychiater Van Grootheest analyseerde gegevens van duizenden een- en twee-eiige tweelingen, maar ook gegevens van hun broers en zussen, ouders en echtgenoten om de oorzaak van OCS te achterhalen. Het is de eerste keer dat zulk systematisch tweelingonderzoek is gedaan naar dwangneurosen. Vooral vergelijkingen tussen tweelingen en eerstegraads verwanten bieden zicht op de relatieve invloed van enerzijds omgevings- en anderzijds genetische factoren op het tot stand komen van dwangmatig gedrag.

Vergelijking van een-eiige en twee-eiige tweelingen vormen in dit soort onderzoek een interessante bron van gegevens.

- 2p 7 Waardoor is de vergelijking tussen een-eiige tweelingen en twee-eiige tweelingen zo geschikt voor dit onderzoek?

Het genetisch materiaal van een twee-eiige tweeling komt gemiddeld voor vijftig procent overeen.

- 2p 8 Kan een twee-eiige tweeling genetisch ook vijfenzeventig procent overeenkomen?
A Ja.
B Nee, omdat de tweelingen dan meer dan de helft van het genetisch materiaal met hun ouders delen.
C Nee, omdat de tweelingen dan minder dan de helft van het genetisch materiaal met hun ouders delen.

4 Evolutie

In de loop van miljarden jaren zijn allerlei levensvormen op aarde ontstaan, veranderd en vaak ook verdwenen. Dat blijkt uit onderzoek naar fossielen en bestaande soorten. Darwin gaf met de evolutietheorie een verklaring voor deze veranderingen. Hij baseerde zich vooral op uiterlijke kenmerken van soorten. In dit thema leer je meer over resultaten uit de biochemie en de genetica die Darwins theorie bevestigen en verfijnen.

ONTDEKKEN	
Antibiotica gezocht	172
BASISSTOF	
1 Indeling van de levende natuur	174
2 Prokaryoten	180
3 Eukaryoten	185
4 De evolutietheorie	193
5 Onderzoek naar evolutie	197
6 Evolutie in populaties	204
7 Ontstaan van soorten	209
SAMENHANG	
Met melkvee meer mutanten	212
PRACTICA	214
SAMENVATTING	218
EXAMENTRAINER	220







Antibiotica gezocht

►► BASISSTOF 2 EN 4

Eind mei 2011 maakt de NOS bekend dat het Maasstad Ziekenhuis heeft gefaald bij de aanpak van een uitbraak van een oxa-48-producerende *Klebsiella*-bacterie op de afdeling Intensive Care. Deze bacterie is niet meer gevoelig voor zelfs de zwaarste antibiotica en leidt tot onbehandelbare infecties.

Naar: *Oog voor het onzichtbare*, onderzoeksrapport Externe onderzoekscommissie MSZ, 29 maart 2012.

Een jaar eerder is het goed mis in het Rotterdamse Maasstad Ziekenhuis: een longpatiënt reageert niet meer op het normale antibioticum. De *Klebsiella pneumoniae*-bacteriën waarmee zijn longen zijn besmet, produceren een enzym dat het antibioticum onwerkzaam maakt. Het gen voor dit extended-spectrum bèta-lactamase (ESBL) komt van een andere bacterie. De *Klebsiella* is resistent geworden, wat het organisme tot een zeer gevaarlijke ESBL-bacterie maakt. Het Maasstad Ziekenhuis doet er alles aan om infectie van andere patiënten te voorkomen. De artsen zetten een zwaarder antibioticum in om de resistente *Klebsiella pneumoniae* te bestrijden: Meronem. De stof meropenem in dit antibioticum maakt de celwand van de bacterie kapot. Daar kan de bacterie niet tegenop. Begin 2011 lijkt de strijd gestreden, maar nog geen half jaar later reageert de *Klebsiella pneumoniae* ook niet meer op Meronem. Alweer heeft de bacterie zich aan weten te

passen en nu staan de artsen met hun rug tegen de muur. Ze vrezen dat het gaat om de zeldzame *Klebsiella pneumoniae* variant oxa-48, die zo goed als onbehandelbaar is. Deze bacterie heeft waarschijnlijk het oxa-48-gen overgenomen van een andere bacterie waardoor hij nu ook meropenem kan afbreken.

‘Artsen staan met hun rug tegen de muur.’

In het laboratorium blijkt dat de bacterie inderdaad de *Klebsiella pneumoniae* variant oxa-48 is. Een uitbraak van deze variant kan een groot gevaar vormen voor de volksgezondheid. De artsen nemen hun toevlucht tot een oud antibioticum dat uit de gratie is gevallen om zijn

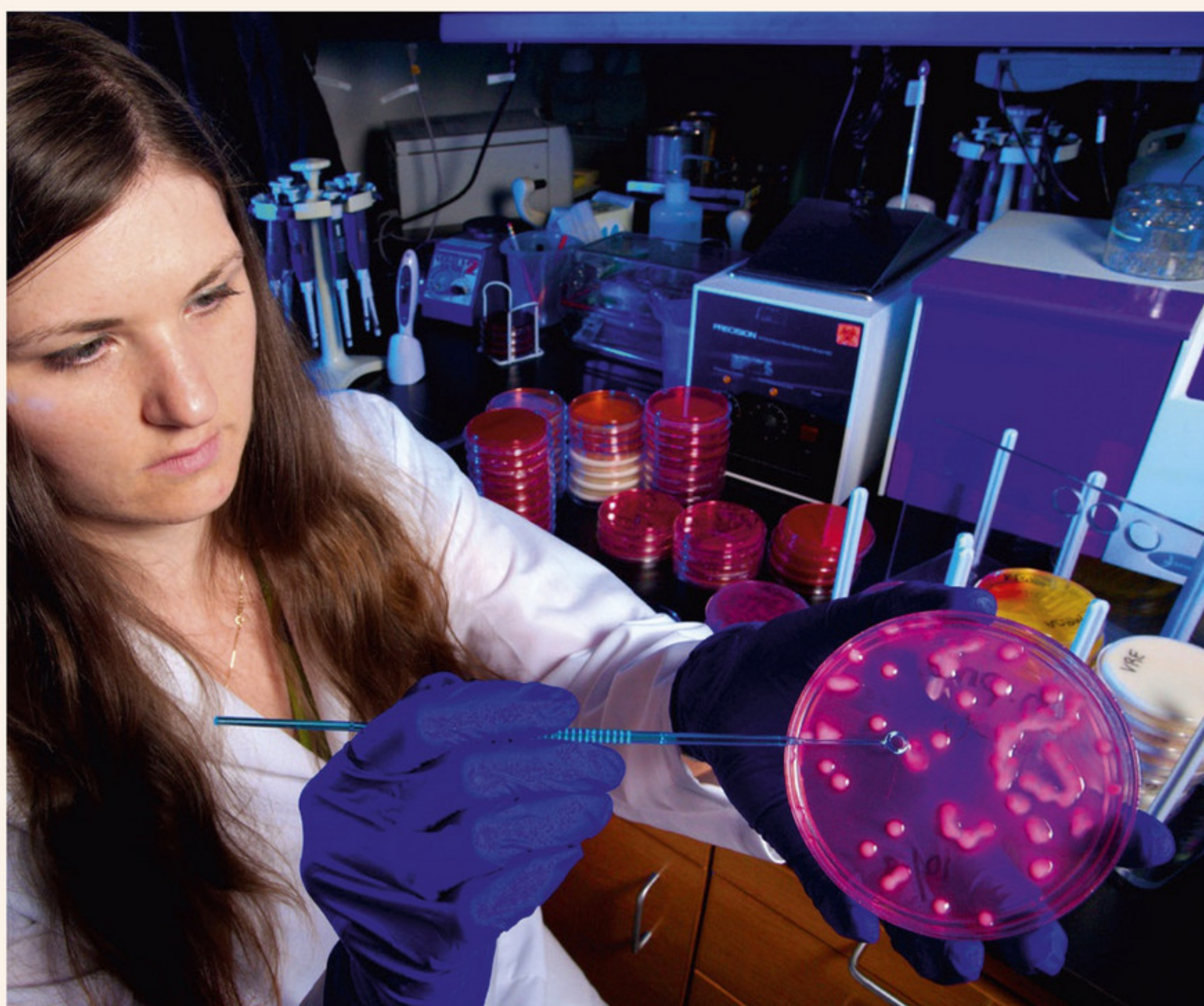
giftigheid voor de nieren: colistine. Een dreigende epidemie wordt in de kiem gesmoord.

opdracht

Een crisisteam van het ziekenhuis moet deze nieuwe uitbraak van de *Klebsiella* het hoofd bieden. Jij bent een voorlichter van het crisisteam. De patiënten en hun familieleden zijn bang en willen weten wat er precies aan de hand is. Waardoor kunnen in bacteriën gemakkelijk mutaties optreden? Hoe kan resistentie tegen antibiotica ontstaan? Hoe gevaarlijk is zo'n uitbraak? En kan het nieuwe antibioticum hen wel beschermen? Jij moet hen zo goed mogelijk informeren.

- 1 a Maak een informatieblad om te verspreiden onder de patiënten in het ziekenhuis, waarin je in begrijpelijk taal uitlegt wat er aan de hand is.
 - Maak een lijstje met tien (deel)vragen die je verwacht van patiënten en familie.
 - Zoek de antwoorden op de vragen. Maak gebruik van de informatie uit het thema en van internet. Als je gebruikmaakt van internet, vermeld dan de bron.
 - Presenteer de gevonden informatie in een informatieblad voor patiënten en familie. Het informatieblad bestaat uit één A4.
- b Maak een afbeelding of infographic waarin je laat zien hoe resistentie zich in een bacteriekolonie kan verspreiden. Houd hierbij rekening met de vermenigvuldigingssnelheid van bacteriën. Maak gebruik van de informatie uit het thema en van internet. Als je gebruikmaakt van internet, vermeld dan de bron.

▼ **Afb. 1** In het laboratorium blijkt dat het inderdaad de *Klebsiella pneumoniae* variant oxa-48 is.



Worst-case-scenario

De uitbraak in het Maasstad Ziekenhuis is gestopt, maar wetenschappers houden hun hart vast voor de toekomst. Eén van de zorgwekkende toekomstscenario's is dat er bij de *Klebsiella* oxa-48-variant als reactie op antibiotica een mutatie optreedt. Bijvoorbeeld een mutatie in het DNA waardoor de bacterie geen poriën meer vormt in zijn celwand. Hierdoor zouden zelfs zware antibiotica de bacterie moeilijk kunnen binnenkomen. De *Klebsiella pneumoniae* wordt dan misschien wel resistent tegen alle bekende antibiotica. Dit zou een epidemie van ongekennde omvang betekenen. De evolutie van de *Klebsiella* moet dus worden gestopt. Kan de mensheid de strijd nog winnen?

opdracht

- 2 Een onderzoeksgroep gaat op zoek naar een oplossing voor het ontstaan van resistente bacteriën en voor de behandeling van patiënten. Jij bent een lid van de onderzoeksgroep. Het vermoeden is dat zo'n gemuteerde bacterie (zonder poriën) het in een antibiotica-vrije omgeving niet kan opnemen tegen bacteriën zonder de mutatie. De mutatie zorgt er namelijk voor dat ook voedingsstoffen moeilijk de bacteriecel kunnen binnenkomen.
 - a Bedenk samen met een ander lid van de onderzoeksgroep een manier:
 - 1 om het muteren van de *Klebsiella* te voorkomen, of
 - 2 om patiënten die besmet zijn met de gemuteerde bacterie te behandelen.
 Gebruik hierbij de volgende termen: *fitness* – *overlevingskans* – *selectiedruk*.
 - b Formuleer bij deze oplossing minimaal drie bijpassende onderzoeksvragen waarmee de onderzoeksgroep aan de slag kan.
 - c Beschrijf bij één onderzoeksvraag een mogelijk experiment.
 - Maak je onderzoeksopzet volgens de stappen van natuurwetenschappelijk onderzoek in thema 1.
 - Maak indien nodig ook tekeningen.
 - De onderzoeksopzet is maximaal één pagina A4.

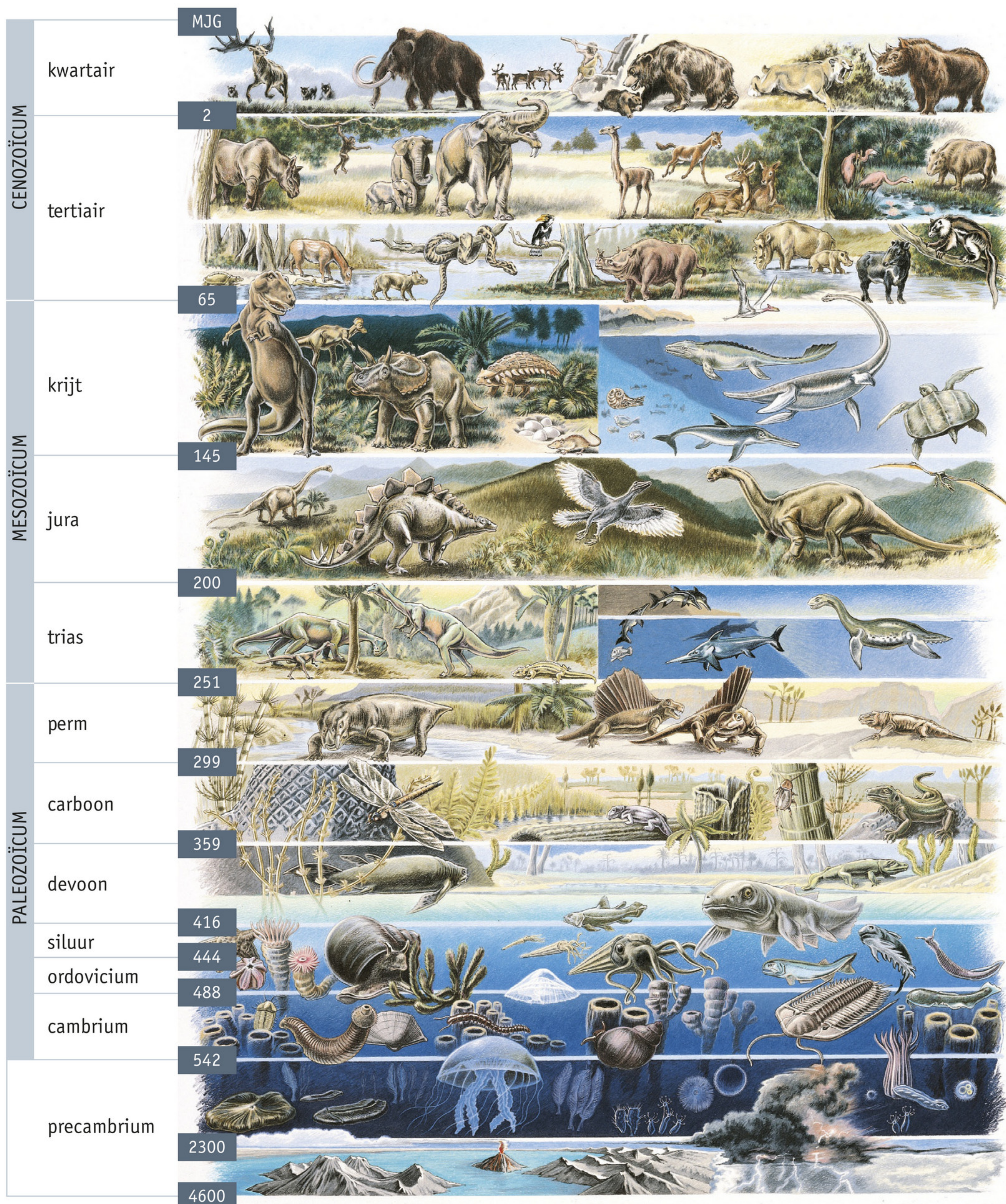
Leerdoelen

- Je kunt het ordeningssysteem van organismen beschrijven en toepassen.

1 Indeling van de levende natuur

Aan het begin van het bestaan van de aarde was er geen leven mogelijk. Op een zeker moment is de eerste eencellige levensvorm ontstaan. Sindsdien heeft het leven zich ontwikkeld tot de enorme diversiteit van vandaag.

▼ **Afb. 1** De geschiedenis van het leven (MJG = miljoen jaar geleden).

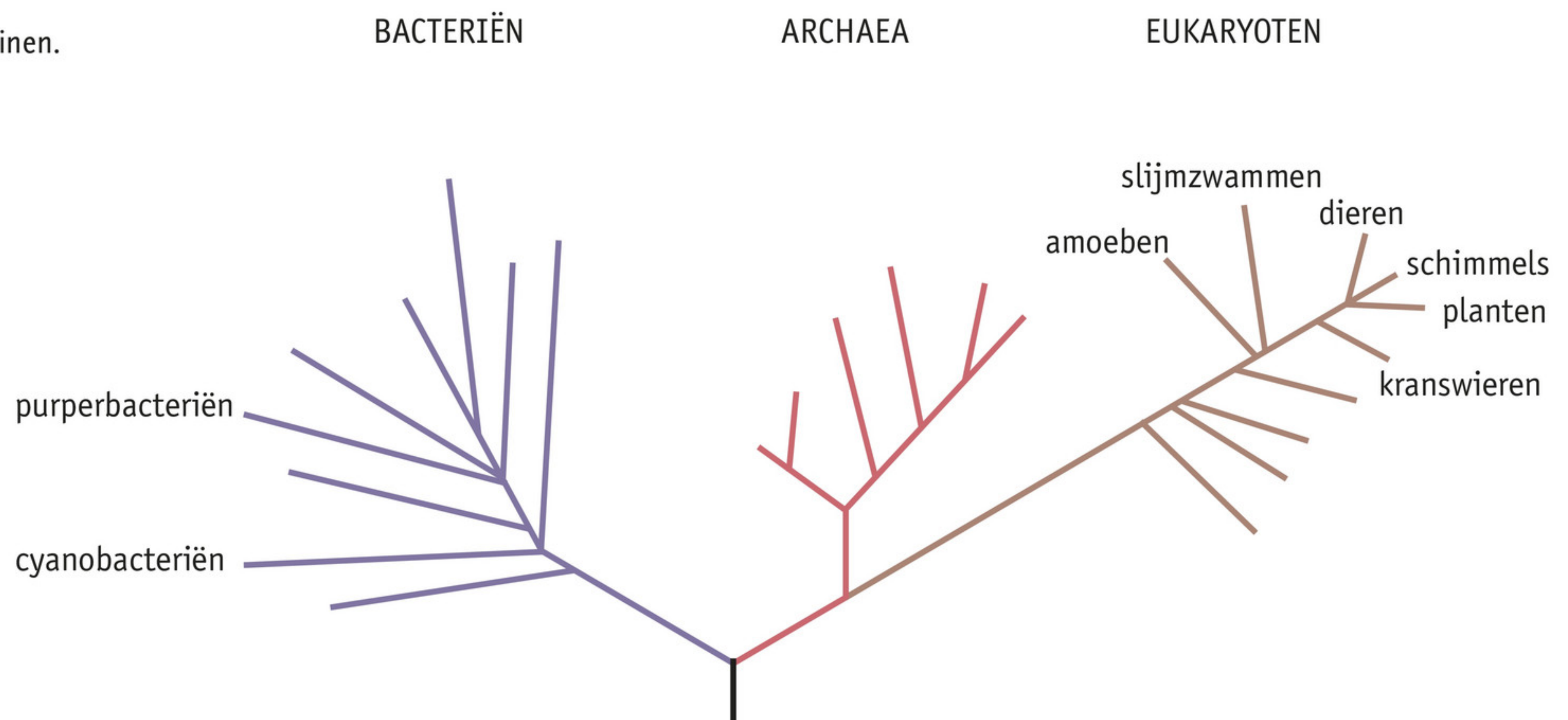


HET LEVEN OP AARDE

De aarde bestaat ongeveer 4,6 miljard jaar. Naar schatting 3,8 miljard jaar geleden ontstonden in zee de eerste eencellige vormen van leven. Pas ongeveer 670 miljoen jaar geleden verschenen de eerste meercelligen (zie afbeelding 1). De oudste fossielen met menselijke kenmerken zijn ongeveer 5 miljoen jaar oud. De ontwikkeling van levensvormen gedurende miljarden jaren heeft geleid tot een enorme **biodiversiteit** (verscheidenheid aan organismen). Er zijn inmiddels zo'n anderhalf miljoen organismen beschreven. De schattingen over het aantal onbekende soorten lopen uiteen van tien tot honderd miljoen.

Een goed ordeningssysteem maakt het mogelijk om al die soorten en vormen te bestuderen en overzicht te houden. Systematici en taxonomen ordenen en benoemen groepen organismen en onderzoeken de (genetische) verwantschap. Daarbij zijn moleculaire eigenschappen, zoals de bouw van membranen, eiwitten en het erfelijk materiaal (onder andere DNA) steeds vaker doorslaggevend. Op basis van de vergelijking van de bouw van ribosomen bestaat de hoofdindeling van alle levensvormen uit drie **domeinen**: bacteriën, archaea en eukaryoten (zie afbeelding 2).

► **Afb. 2** De drie domeinen.



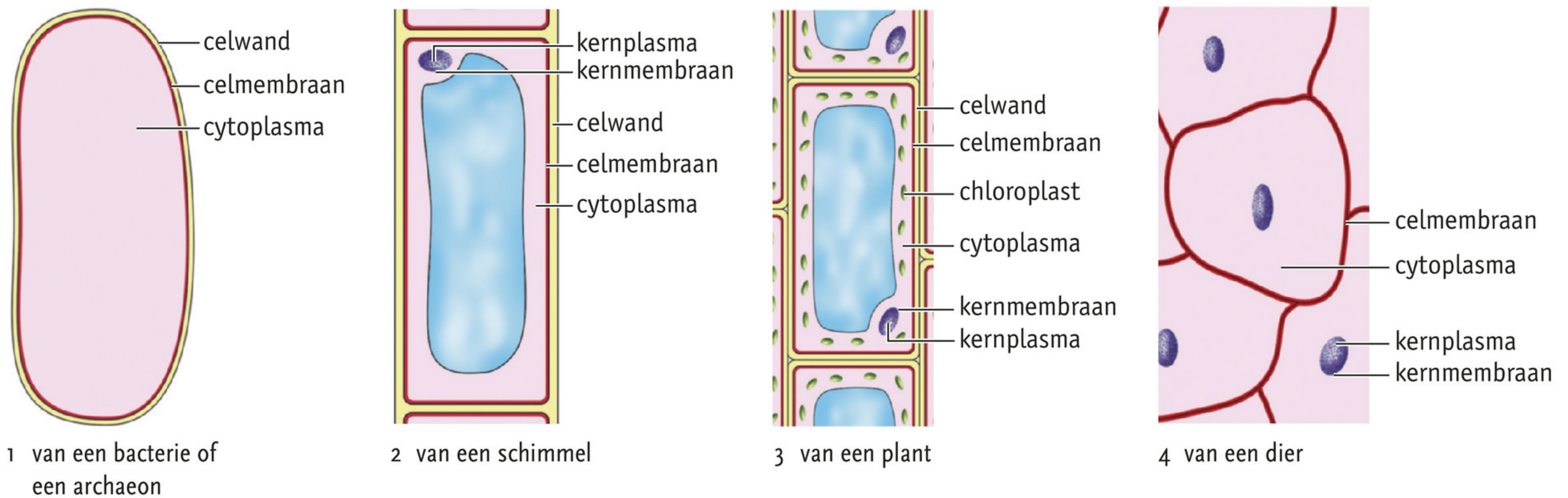
opdrachten

- 1 Teken op een A4 een verticale tijdbalk van 23 cm. Noteer bovenaan 0 en onderaan 4600 m.jg (4600 miljoen jaar geleden). Geef op de juiste plaatsen aan: 500 m.jg, 1000 m.jg, enzovoort.
Noteer op de juiste plaats langs de tijdlijn het ontstaan van: *aarde – eencelligen – landdieren – meercelligen – mensachtigen – zoogdieren en vogels*.
Gebruik hierbij de gegevens uit de tekst en afbeelding 1.
- 2 In afbeelding 1 is in het kort de evolutie van leven weergegeven. Dit overzicht kan allerlei vragen oproepen.
Noteer twee vragen over evolutie waarop je een antwoord zou willen krijgen.

CRITERIA VOOR INDELING

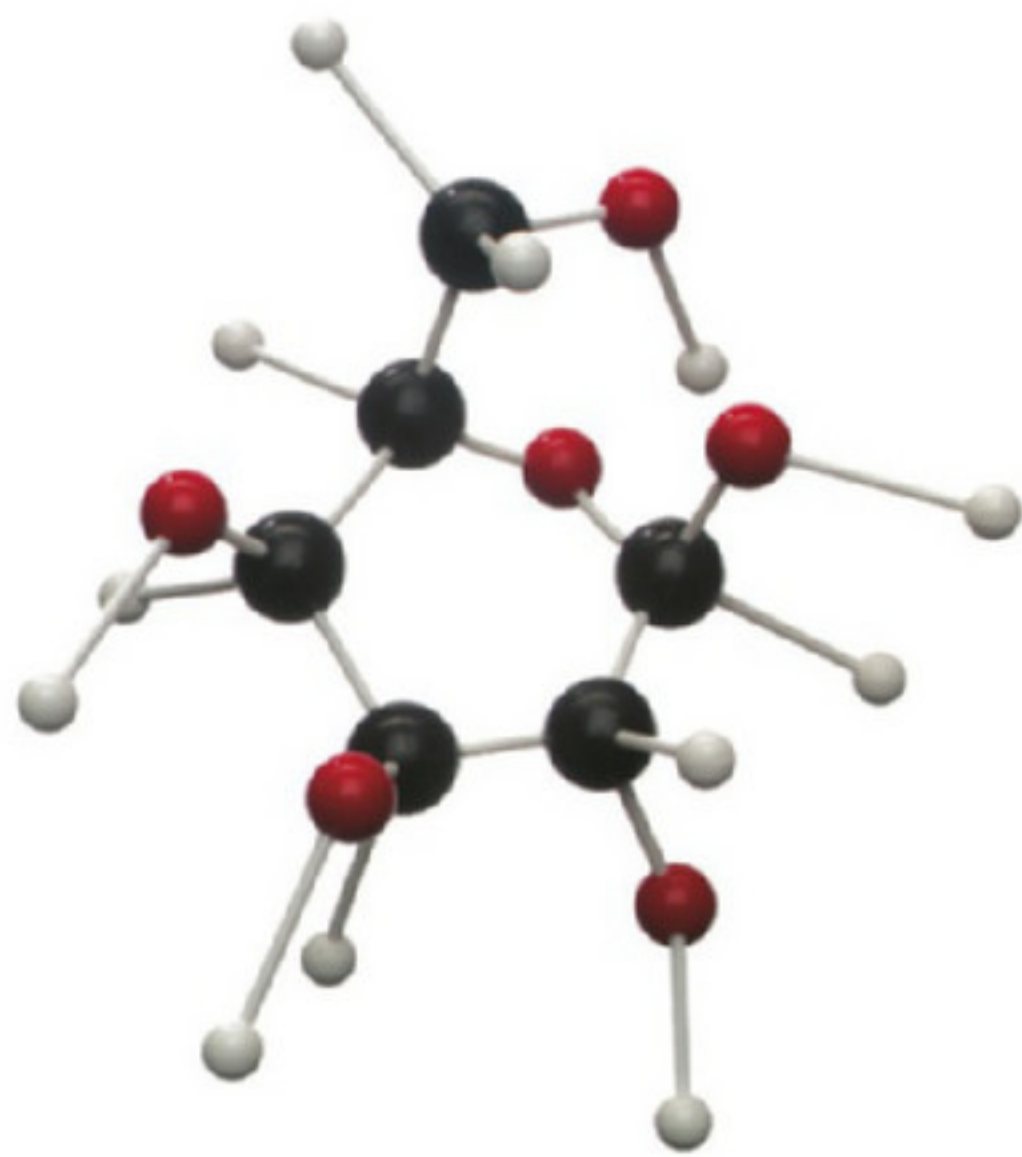
Biologen delen organismen in op basis van moleculaire eigenschappen en op grond van uiterlijke **kenmerken**, zoals het celtype, het aantal cellen en de aanwezigheid van een celwand (zie afbeelding 3). Ook de voedingswijze wordt gebruikt als indelingscriterium.

▼ **Afb. 3** Cellen (schematisch).



Organismen kunnen organische en anorganische stoffen uit het milieu opnemen. **Organische stoffen** zijn meestal afkomstig van organismen. Ze hebben relatief grote, ingewikkeld gebouwde moleculen, bestaande uit een of meer atomen koolstof (C), waterstof (H) en zuurstof (O). Daarnaast kunnen organische stoffen in organismen onder andere atomen stikstof (N), fosfor (P) en zwavel (S) bevatten. Een voorbeeld van een organische stof is glucose ($C_6H_{12}O_6$) (zie afbeelding 4). **Anorganische stoffen** komen zowel voor in de levenloze natuur als in organismen. Deze stoffen bestaan uit kleine, eenvoudig gebouwde moleculen. Koolstofmonoxide (CO), koolstofdioxide (CO_2), water (H_2O), keukenzout ($NaCl$) en zuurstof (O_2) zijn voorbeelden van anorganische stoffen.

▼ **Afb. 4** Een glucosemolecuul ($C_6H_{12}O_6$).



Op grond van de voedingswijze zijn organismen in te delen in autotrofe en heterotrofe organismen. **Autotroof** wil zeggen zelfvoedend. Autotrofe organismen nemen uit hun omgeving alleen anorganische stoffen op (water, koolstofdioxide, mineralen, zuurstof). Uit deze anorganische stoffen en energie maken ze de organische stoffen waaruit ze bestaan (onder andere koolhydraten, eiwitten, vetten). Autotrofe organismen hebben dus geen andere organismen nodig voor hun voedsel. Organismen met chlorofyl (bladgroen) zijn autotroof. Bij planten bevindt het chlorofyl zich in de chloroplasten (bladgroenkorrels). In chloroplasten vindt fotosynthese plaats. Daarbij wordt met behulp van licht, glucose gevormd uit water en koolstofdioxide. Planten maken met behulp van glucose en mineralen de andere organische stoffen waaruit ze bestaan. Ook bepaalde soorten bacteriën, de **cyanobacteriën**, bevatten chlorofyl en zijn dus autotroof.

Heterotroof wil zeggen: een ander nodig hebben voor het voedsel. Heterotrofe organismen zijn niet in staat organische stoffen te maken uit alleen anorganische stoffen als grondstoffen. Ze moeten organische stoffen (van andere organismen) als voedsel opnemen. Uit deze organische stoffen maken ze hun eigen organische stoffen. Hierbij zijn ook anorganische stoffen nodig die uit de omgeving worden opgenomen. Schimmels en dieren zijn heterotroof, evenals de meeste soorten bacteriën en archaea.

opdrachten

- 3 Noteer twee verschillen tussen organische en anorganische stoffen.
- 4 a Uit welke atomen bestaat een watermolecuul?
 b Is water een organische of een anorganische stof? Leg je antwoord uit.
 c Noteer welke vijf van de volgende stoffen anorganisch zijn: *eiwit – glucose – ijzer – koolstofdioxide – stikstof – vet – waterstof – zetmeel – zuurstof*. Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 67F t/m H).
- 5 Zowel autotrofe als heterotrofe organismen bestaan voor een belangrijk deel uit organische stoffen.
 a Uit welke stoffen maken autotrofe organismen de organische stoffen waaruit ze bestaan?
 b Uit welke stoffen maken heterotrofe organismen de organische stoffen waaruit ze bestaan?

INDELING VAN DE DOMEINEN

De domeinen bacteriën en archaea bestaan uit relatief eenvoudig gebouwde eencelligen. Ze behoren tot de **prokaryoten**: eencellige organismen met ribosomen, maar zonder celkern of andere organellen. Bacteriën komen in weinig uiterlijke vormen voor. Als indelingscriteria gebruiken microbiologen daarom vooral de biochemische reacties in de cel, de samenstelling van het DNA, de bouw van de ribosomen en de bouw van de celwand. De biochemie van archaea verschilt zoveel van die van andere vormen van leven dat zij als een apart domein worden beschouwd. De verdere indeling van bacteriën en archaea staat ter discussie, omdat nog veel van de bouw en functie van deze prokaryoten onbekend is.

Tot het domein van de eukaryoten behoren onder meer de schimmels, planten en dieren. **Eukaryoten** zijn organismen met cellen met een celkern, dubbele membranen en celorganellen. De cellen van eukaryoten zijn complexer gebouwd dan die van prokaryoten: schimmels en dieren hebben mitochondriën in hun cellen, planten hebben daarnaast ook chloroplasten. Dieren zijn organismen zonder celwanden, de cellen van alle andere eukaryoten (en prokaryoten) hebben wel celwanden.

Moleculair onderzoek leidt tot nieuwe inzichten in de verwantschap van organismen. Verwante organismen hebben een (recente) gemeenschappelijke voorouder. Daardoor delen systematici organismen soms in bij een andere groep of ze creëren zelfs nieuwe groepen of rangen. Aan het begin van deze eeuw werd het domein eukaryoten bijvoorbeeld ingedeeld in drie rijken (dieren, planten en schimmels) en een restgroep van voornamelijk eencellige eukaryoten. De eukaryoten worden nu ingedeeld in een aantal 'supergroepen' waarbinnen de dieren, planten, schimmels en eencellige eukaryoten een nieuwe plaats hebben gekregen.

opdrachten

- 6 a Bekijk afbeelding 3. Welke groepen organismen zijn eukaryoot en hebben een celwand om hun cellen?
 b En welke groepen eukaryoten zijn heterotroof?

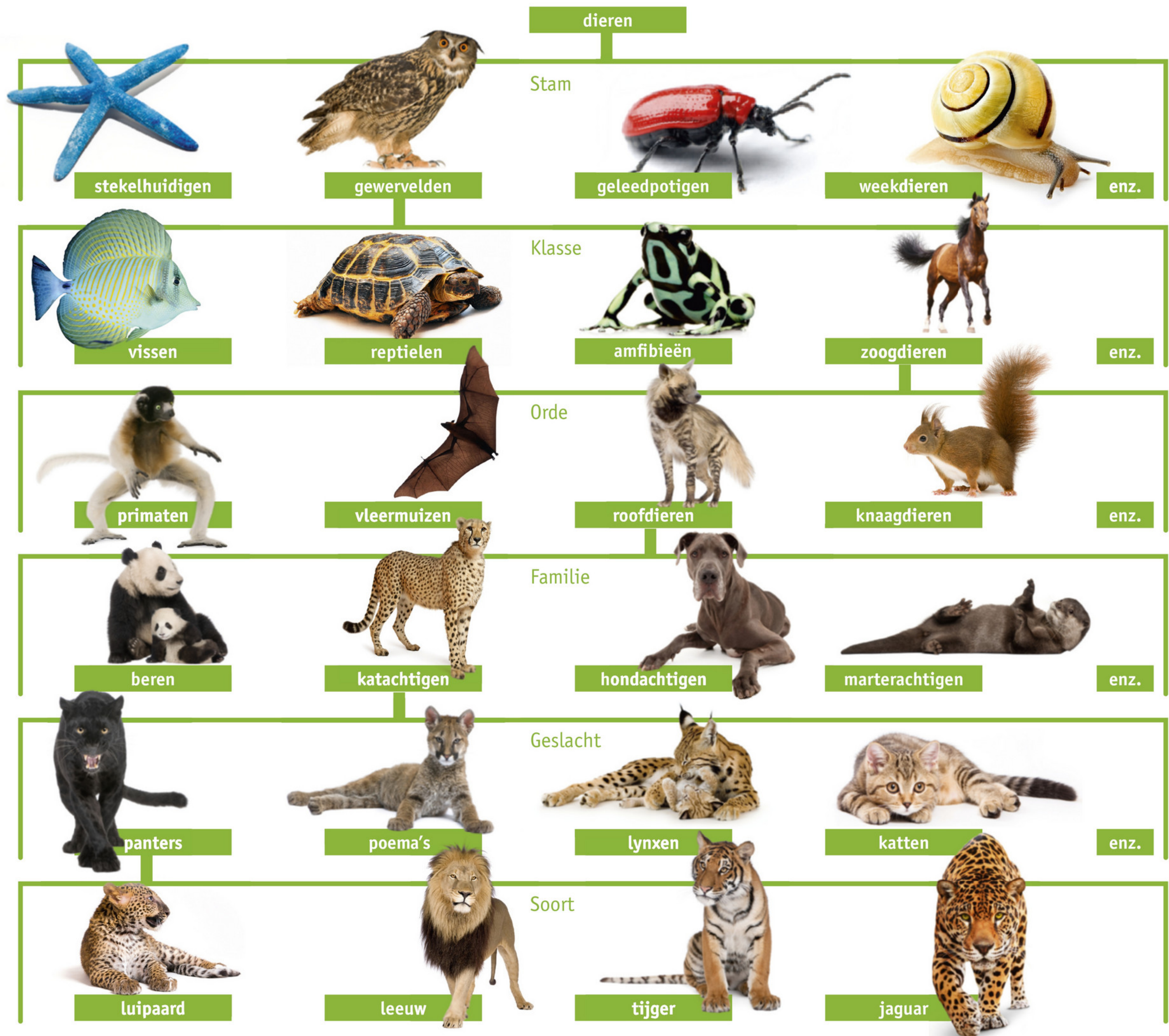
- 7 Neem de tabel over en vul hem in door kruisjes te zetten op de juiste plaatsen.

Domein	Rijk	Prokaryoot	Eukaryoot	Celwand	Meercellig	Autotroof	Heterotroof
Bacteriën	ter discussie						
Archaea	ter discussie						
Eukaryoten	schimmels						
	planten						
	dieren						

- 8 Vier indelingscriteria zijn: celtype, celwand, het aantal cellen en de voedingswijze.

- a Leg met een voorbeeld uit dat op grond van deze vier criteria niet altijd is vast te stellen tot welk domein of tot welk rijk een organisme behoort.
- b Leg met een voorbeeld uit dat deze vier criteria in veel gevallen wel geschikt zijn om organismen in te delen.

▼ **Afb. 5** De verdere indeling van het dierenrijk.



BINAIRE NAAMGEVING

Organismen worden ingedeeld in steeds kleinere groepen. Rijken worden onderverdeeld in stammen. Enkele voorbeelden van stammen van het dierenrijk zijn de gewervelden, geleedpotigen en weekdieren. Een stam wordt verder ingedeeld in klassen, orden, families, geslachten en soorten (zie afbeelding 5). Een **geslacht** bestaat uit een aantal soorten. Die soorten hebben zich uit eenzelfde voorouder ontwikkeld. Een tijger bijvoorbeeld behoort tot de stam van de gewervelden, tot de klasse van de zoogdieren, tot de orde van de roofdieren, tot de familie van de katachtigen en tot het geslacht panter.

Soorten worden aangeduid met een wetenschappelijke naam. De Zweedse bioloog Linnaeus heeft de wetenschappelijke naamgeving of de **binaire naamgeving** opgezet. Iedere soort kreeg een geslachtsnaam en een soortaanduiding. De **geslachtsnaam** wordt voorop gezet en met een hoofdletter geschreven; de **soortaanduiding** komt daarachter en wordt met een kleine letter geschreven. Vaak wordt er nog achter gezet welke onderzoeker deze naam heeft gegeven. Een madeliefje bijvoorbeeld heeft als wetenschappelijke naam *Bellis perennis* L. De geslachtsnaam is *Bellis* en de soortaanduiding *perennis*. De L. staat voor Linnaeus, die het madeliefje deze wetenschappelijke naam heeft gegeven.

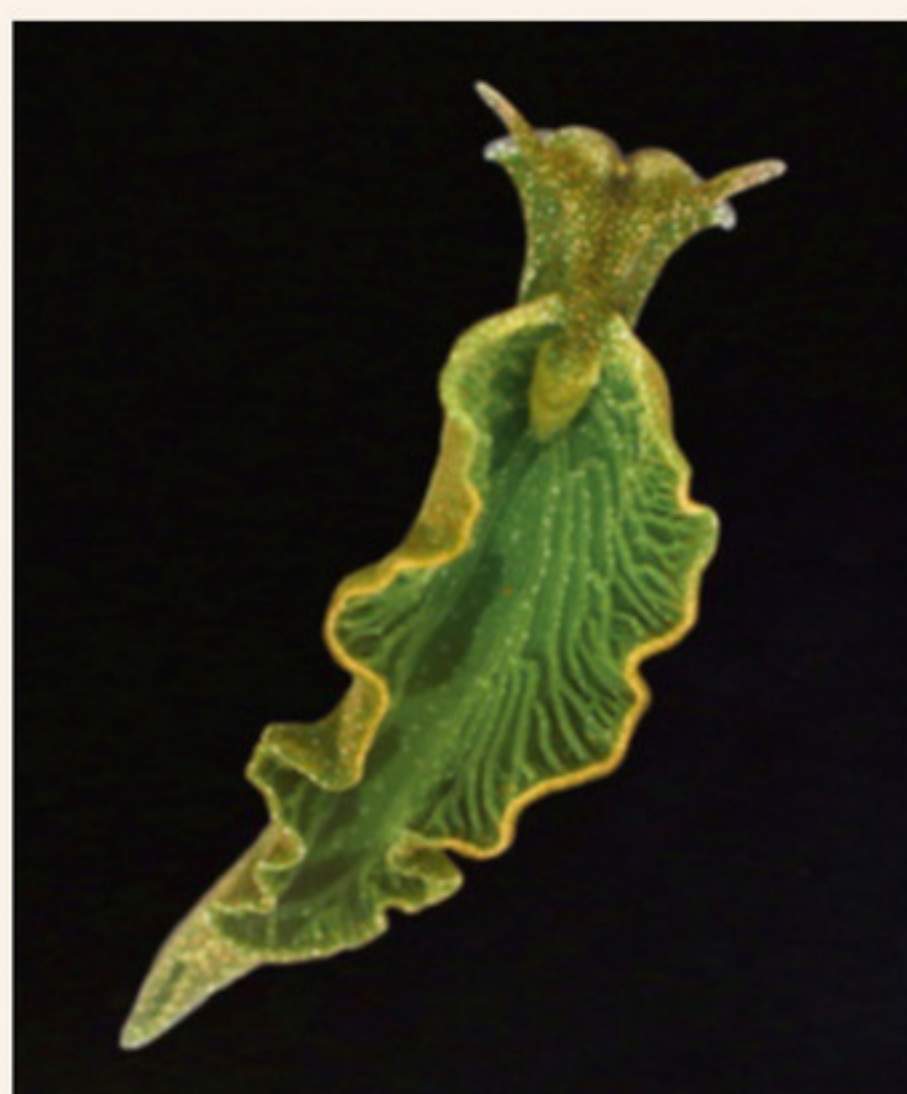
opdrachten

- 9
 - a Noteer drie families die tot de orde van de roofdieren behoren. Gebruik daarbij afbeelding 5.
 - b Is het aantal soorten groter of kleiner dan het aantal geslachten? Leg je antwoord uit.
 - c Zal het DNA van een luipaard de meeste overeenkomst vertonen met het DNA van een vis of van een zeester? Leg je antwoord uit.
- 10 Drie organismen zijn: *Salvia splendens*, *Betta splendens* en *Betta pallifina*. Welke twee organismen zijn het meest verwant? Leg je antwoord uit.
- 11 Maak met je klas een digitaal document met organismen die door mensen worden benut of die schadelijk zijn voor de mens.
 - a Elke leerling kiest een soort.
 - b Beschrijf de soort en zijn levenscyclus en de volledige afstamming van domein tot en met wetenschappelijke soortnaam.
 - c Licht toe hoe het organisme gebruikt wordt of hoe het schade veroorzaakt.

CONTEXT

Wetenschap

▼ Afb. 6 Plant of dier?



Plant of dier?

De zeeslak *Elysia chlorotica* blijkt net als planten in staat om zichzelf van voedsel te voorzien zonder andere organismen of delen ervan te eten. De zeeslak zuigt de eerste twee weken van zijn leven algen leeg. Op die manier neemt hij de bladgroenkorrels tot zich die nodig zijn voor fotosynthese. De bladgroenkorrels blijven gedurende het hele leven van de slak functioneren.

opdracht

- 12 Leg uit waardoor de zeeslak van afbeelding 6 moeilijk is in te delen volgens de gangbare indelingscriteria.

Leerdoelen

- Je kunt kenmerken van prokaryoten noemen.

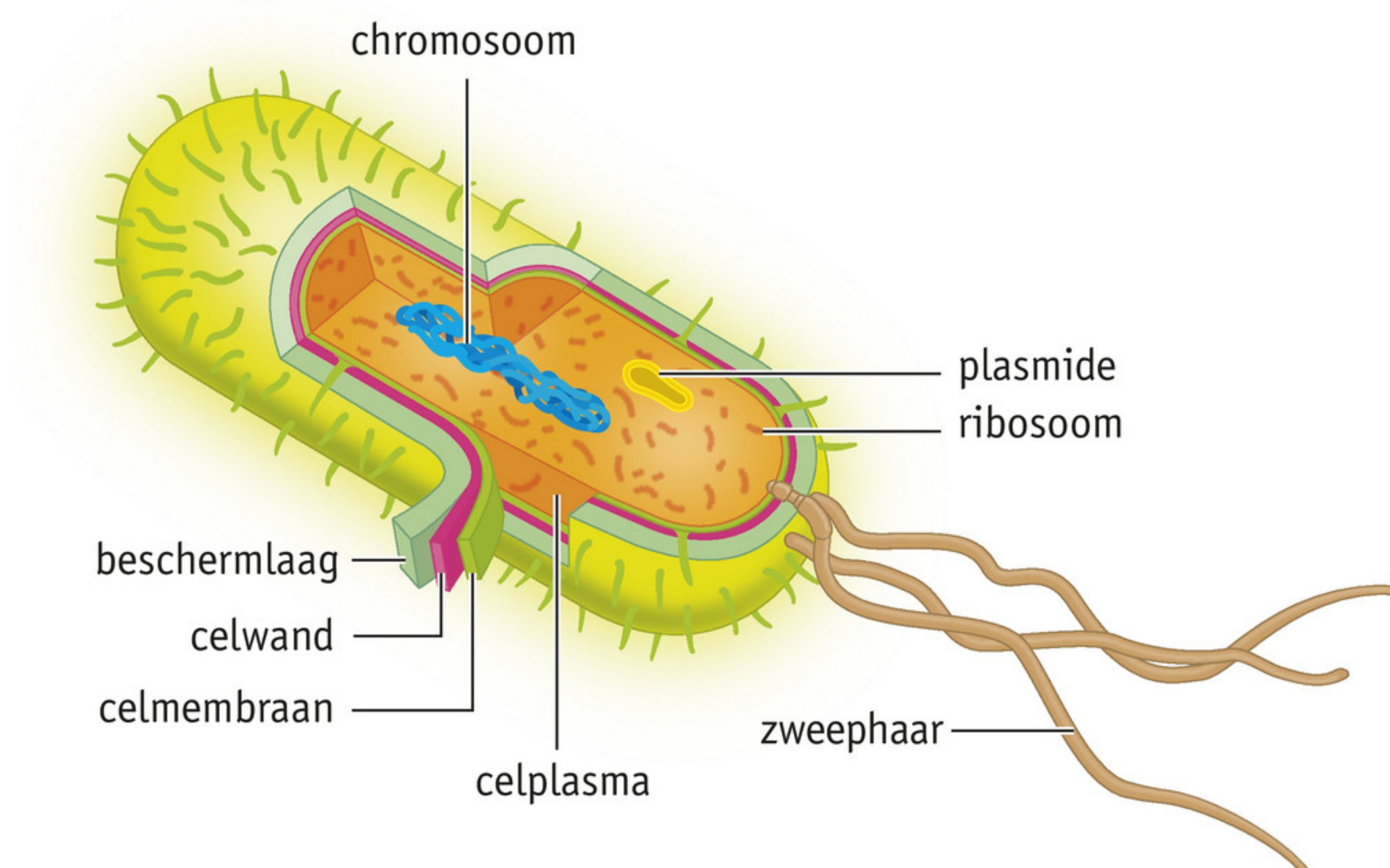
2 Prokaryoten

Prokaryoten zijn de oudste levensvormen op aarde. Bacteriën en archaea komen overal in grote aantallen voor. Er leven meer prokaryoten in en op je lichaam dan je cellen in je lichaam hebt!

ARCHAEA

De meeste archaea (enkelvoud: archaeon) zijn zo klein dat ze alleen met een elektronenmicroscop goed zichtbaar zijn. Ze hebben geen interne membranen, bevatten wel DNA en ribosomen en hebben een of meerdere zweefharen voor voortbeweging (zie afbeelding 7). Hoewel bacteriën en archaea 3,5 miljard jaar geleden min of meer tegelijkertijd zijn ontstaan en in hun bouw sterk op elkaar lijken, zijn archaea nauwer verwant aan de eukaryoten dan aan de bacteriën. Bepaalde vetten in het celmembraan van de archaea en de wijze waarop eiwitten worden gemaakt in de ribosomen, komen meer overeen met eukaryoten. De celwanden van bacteriën en archaea hebben een verschillende samenstelling. Het domein archaea is klein: er zijn slechts enkele honderden soorten bekend. Archaea worden wel extremofiel genoemd omdat ze vaak onder extreme omstandigheden worden aangetroffen, zoals in geisers en in zoutmeren. Maar vertegenwoordigers van de groep komen ook gewoon in de bodem voor en ze zijn zeer talrijk in de oceanen. In onze darmen bevorderen archaea de vertering. Onder zuurstofarme omstandigheden produceren ze hier methaangas.

► **Afb. 7** Archaeon (schematisch).

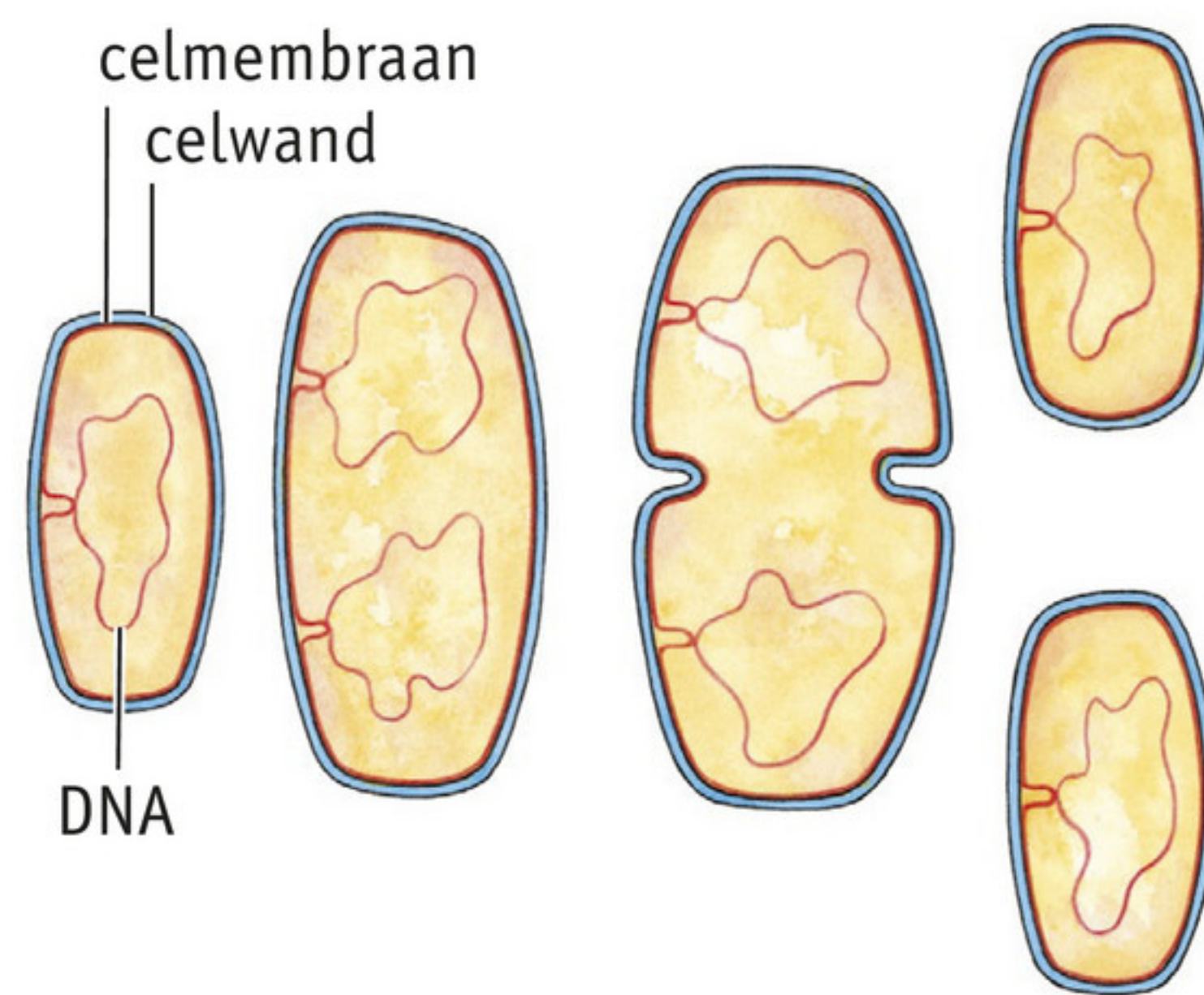


BACTERIËN

Ook **bacteriën** zijn eencelligen zonder celkern of interne membranen. Ze zijn ongeveer even klein als archaea. De kleinste bacteriën zijn circa 1 µm groot. Bij veel soorten bestaat het erfelijk materiaal slechts uit één groot **cirkelvormig (circuitair) chromosoom**. Bij planten en dieren ligt het DNA-molecuul in een chromosoom spiraalsgewijs opgerold rond duizenden eiwitmoleculen. Bij bacteriën bevat een chromosoom geen eiwitmoleculen.

Sommige bacteriën hebben naast dit ene grote chromosoom ook **plasmiden**: kleinere circulaire chromosomen. Op de plasmiden bevinden zich genen die resistentie (ongevoeligheid) kunnen veroorzaken tegen bepaalde gifstoffen (bijvoorbeeld resistentie tegen antibiotica). Doordat het DNA zonder de bescherming van een membraan in het cytoplasma ligt, is het gemakkelijk bereikbaar voor enzymen. De celwanden van bacteriën bestaan voornamelijk uit peptidoglycaan: een stof die bij geen enkel ander organisme voorkomt.

▼ **Afb. 8** Deling bij prokaryoten.



Bacteriën planten zich ongeslachtelijk voort door deling. Onder gunstige omstandigheden kunnen zij snel delen. Zoals bij alle organismen vindt voorafgaand aan de celdeling verdubbeling van het DNA plaats (DNA-replicatie). Bij bacteriën ontstaat daarbij echter geen spoelfiguur zoals bij de mitose. Elk van beide kringvormige DNA-moleculen zit op een bepaalde plaats vastgehecht aan het celmembraan (zie afbeelding 8). Daardoor wordt een goede verdeling van het DNA over de dochtercellen verzekerd.

► PRACTICUMOPDRACHT 1

BETEKENIS VOOR DE MENS

Bacteriën kunnen voor mensen en de natuur nuttig en schadelijk zijn.

Bacteriën die melksuiker (lactose) omzetten in melkzuur, worden gebruikt bij de productie van yoghurt, kaas en zuurkool. Andere soorten bacteriën worden ingezet bij afvalwaterzuivering en bij de bestrijding van allerlei vormen van milieuverontreiniging. In de natuur ruimen heterotrofe bacteriën (en schimmels) de dode resten van organismen op.

Bacteriën (en schimmels) kunnen ons voedsel bederven en ziekten veroorzaken. Cyanobacteriën (blauwalg) bevatten bladgroen en blauwe pigmenten. Ze komen in allerlei milieus voor, soms in zulke grote aantallen dat het water een blauwgroene kleur heeft. Dat heet waterbloei. Door de geproduceerde gifstoffen kan een hoge dichtheid van blauwalg dodelijk zijn voor waterdieren en zwemmers.

In de biotechnologie worden onder andere wasmiddelenzymen, geneesmiddelen en hormonen geproduceerd met behulp van genetisch gemodificeerde bacteriën. Bij **genetische modificatie** verandert de mens het DNA van een organisme, bijvoorbeeld door een gen van een ander organisme in te brengen met behulp van enzymen.

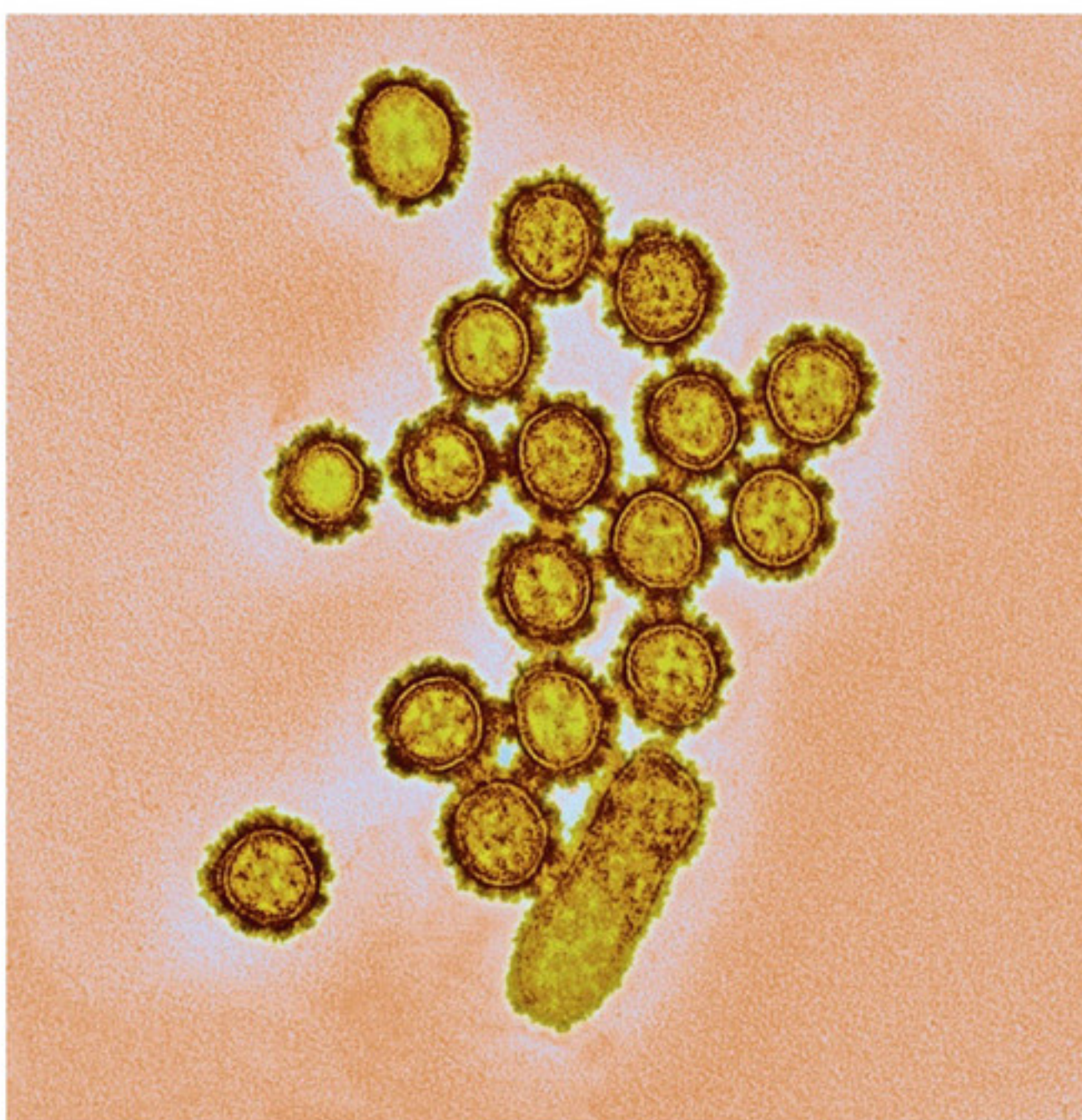
Onschadelijke bacteriën op de huid (huidflora) vormen een natuurlijke bescherming tegen schadelijke bacteriën. Ook de darmflora bevat veel nuttige bacteriën. Bij een verkeerde bacteriële balans kunnen gemakkelijker ontstekingen ontstaan. Antibiotica worden gebruikt als geneesmiddel tegen bacteriële infecties, maar kunnen ook de balans verstoren.

opdrachten

- 13 **a** Noem twee overeenkomsten tussen archaea en bacteriën.
b Welke overeenkomsten hebben archaea en eukaryoten?
c Door welke drie kenmerken verschillen de archaea van bacteriën?
- 14 Archaea kunnen overleven onder de extreme omstandigheden in onze darmen.
 Welke eigenschap van archaea maakt dit mogelijk?
- 15 **a** Noem drie voorbeelden van biotechnologie waarbij bacteriën worden gebruikt zonder dat ze daartoe genetisch zijn gemodificeerd.
b Welke schadelijke gevolgen voor de mens kunnen bacteriën hebben?
c Welke nuttige rol hebben bacteriën in de natuur? Leg je antwoord uit.
- 16 **a** Zijn cyanobacteriën autotroof of heterotroof? Leg je antwoord uit.
b In een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) worden organische afvalstoffen door bacteriën afgebroken in open bassins.
 Zijn deze bacteriën autotroof of heterotroof? Leg je antwoord uit.

- 17 Er leven meer bacteriën en archaea op en in je lichaam dan je lichaamscellen hebt. Toch merk je daar meestal weinig van. Leg uit waardoor dat komt.
- 18 a Door welke eigenschap zijn bacteriën gemakkelijk genetisch te modificeren?
 b Bacteriepopulaties kunnen snel resistentie ontwikkelen tegen antibiotica. Welke eigenschap van bacteriën kan daarbij een rol spelen?
 c Sommige geneesmiddelen verstoren de eiwitsynthese in de cellen. Het antibioticum tegen tuberculose streptomycine bijvoorbeeld doet dit door in te werken op DNA-moleculen.
 Leg uit hoe het komt dat streptomycine bacteriën kan doden door verstoring van hun eiwitsynthese, terwijl cellen van de mens er vrijwel geen nadeel van ondervinden.
- 19 Bij het pasteuriseren van melk wordt de melk gedurende korte tijd verhit tot 72 °C, en bij steriliseren tot 130 à 140 °C. Hierna wordt de melk verpakt. Leg uit dat je een ongeopend pak gesteriliseerde melk niet in de koelkast hoeft te bewaren en gepasteuriseerde melk wel.

▼ Afb. 9 Een griepvirus (TEM).



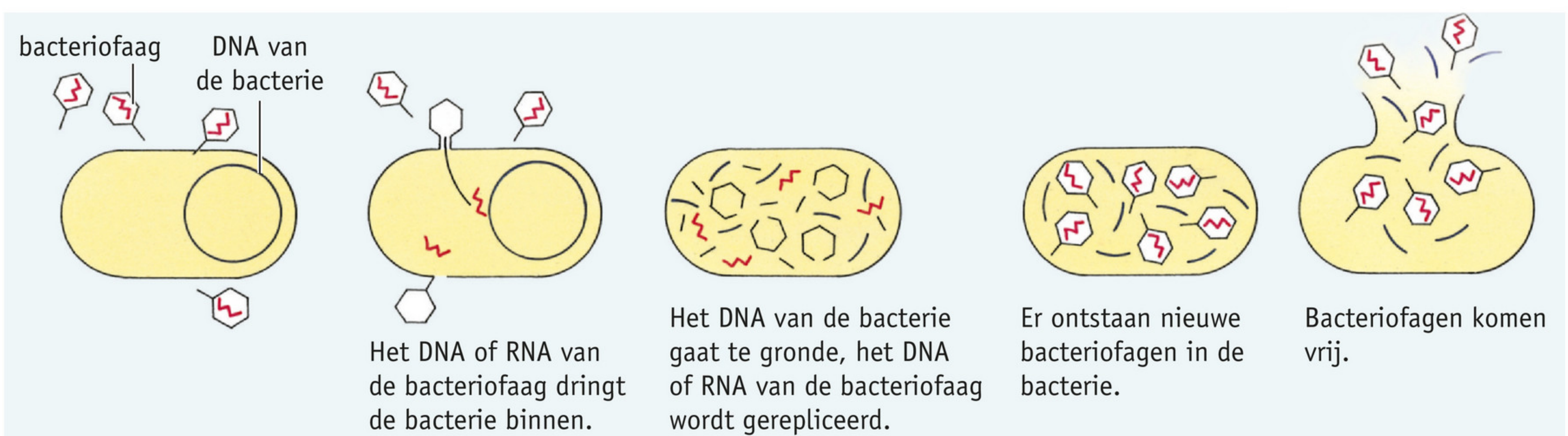
VIRUSSEN

Bacteriën kunnen geïnfecteerd raken door een virus. Een **virus** is geen organisme. Virussen worden niet gezien als levend. Organismen bestaan uit cellen, virussen niet. Virussen hebben geen cytoplasma of kernplasma. In een geïsoleerd virus vinden geen stofwisselingsprocessen plaats. Virussen zijn dus geen prokaryoten en ook geen eukaryoten.

Een virus is erg klein: de grootste virussen zijn circa 0,1 µm groot. Dat is veel kleiner dan bacteriën. Virussen zijn alleen zichtbaar met een elektronenmicroscop (zie afbeelding 9). Een virus bestaat voor het grootste deel uit erfelijk materiaal. Dit kan DNA of RNA zijn. **RNA** is net als DNA een molecuul dat erfelijke informatie bevat. Daardoor bestaan er **DNA-virussen** en **RNA-virussen**. Bij alle virussen is dit erfelijk materiaal omgeven door een **eiwitmantel** (capside). Virussen kunnen zich niet zelfstandig voortplanten, maar uitsluitend binnen bepaalde gastheercellen. Dat kunnen bacteriën zijn of cellen van planten of dieren. Daardoor kan de gastheer ziek worden. Virussoorten die bacteriën als gastheer gebruiken, heten **bacteriofagen**.

In afbeelding 10 is weergegeven hoe een bacteriofaag een bacterie infecteert. Als de bacteriofaag terechtkomt op de bacterie, dringt het erfelijk materiaal van de bacteriofaag de bacterie binnen. Onder invloed van enzymen van de bacterie of van de bacteriofaag ondergaat het erfelijk materiaal van de bacteriofaag replicatie. De ribosomen van de bacterie produceren nieuwe eiwitmantels, waardoor in de bacterie grote aantallen nieuwe bacteriofagen ontstaan (veertig tot honderd per cel). De bacterie valt uiteen. De vrijkomende bacteriofagen kunnen nieuwe bacteriën infecteren.

▼ Afb. 10 Voortplanting van een bacteriofaag in een bacterie (schematisch).



opdrachten

- 20 Een virus bevindt zich in het grensgebied tussen levend en levenloos.
a Om welke redenen zou je een virus levend kunnen noemen?
b En om welke redenen zou je een virus levenloos kunnen noemen?
c Uit de wijze van voortplanting van een virus blijkt dat virussen erfelijke informatie bevatten. Leg dat uit. Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 77D).
- 21 Op welke manier zouden virussen kunnen worden gebruikt bij de bestrijding van bacteriën?

Afb. 11

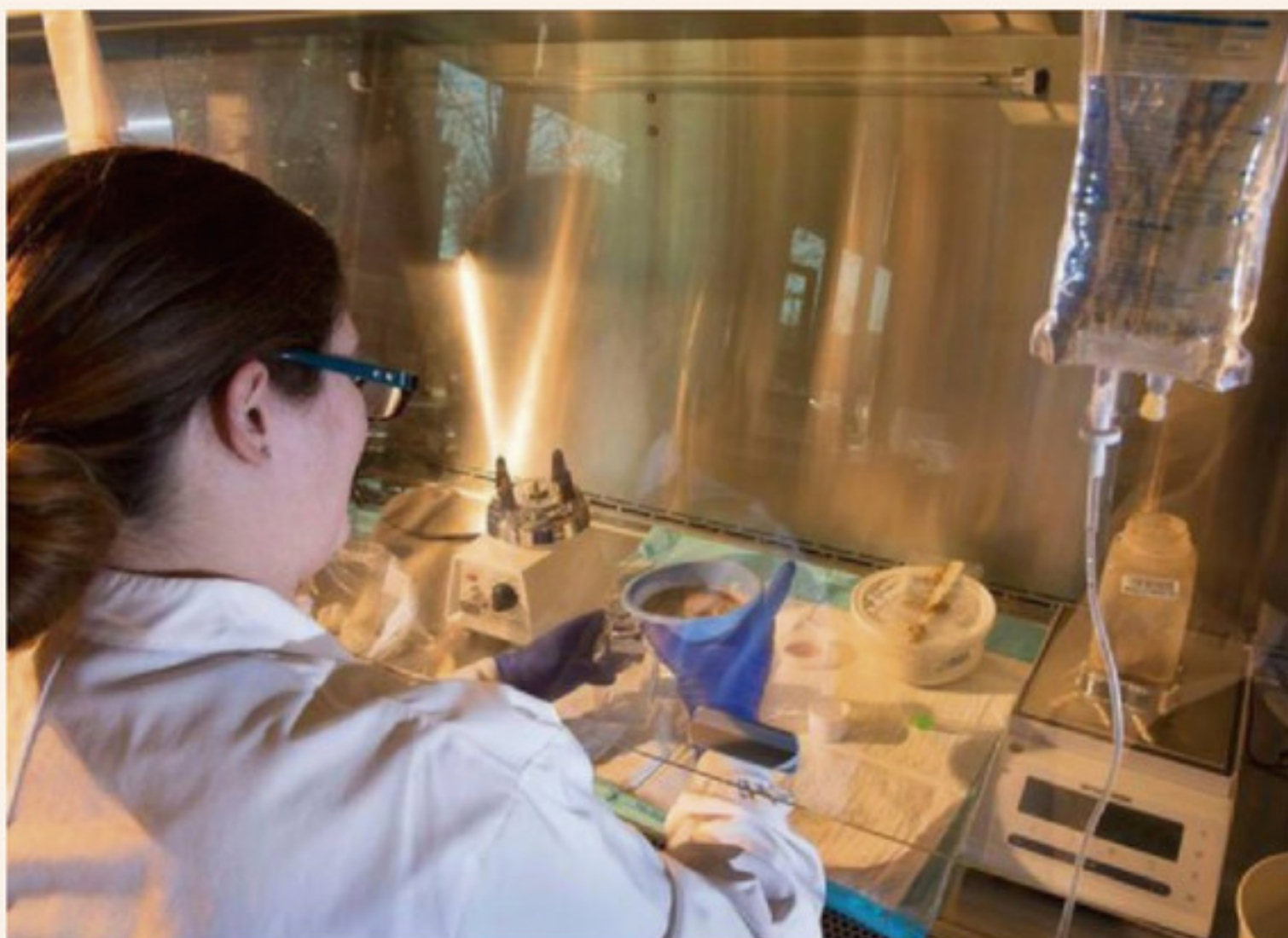
ONDERZOEK		HET ONTSTAAN VAN RESISTENTIE BIJ BACTERIËN
Inleiding	Twee onderzoekers, Salvador Luria en Max Delbrück, onderzochten van 1940 tot 1943 bacteriofagen. Het bleek dat bacteriën soms resistent werden tegen deze virussen en dat die eigenschap erfelijk was. Nakomelingen van resistente bacteriën bleken ook resistent te zijn. Wanneer ontstond de resistentie? Werden de bacteriën resistent door de aanwezigheid van de bacteriofaag, of waren er al bacteriën resistent voordat ze in contact kwamen met het virus? Dit laatste zou erop wijzen dat mutaties al toevallig optreden tijdens de reproductie (vermenigvuldiging) van de bacteriën.	
Onderzoeksvraag	Ontstaat resistentie als reactie op een infectie of bestaat resistentie al voorafgaand aan infectie?	
Hypothese	Resistentie treedt op door toevallige mutaties tijdens de vermenigvuldiging (reproductie) van de bacteriën voorafgaand aan infectie.	
Experiment	<i>Verwachting</i> Als resistentie ontstaat als reactie op een infectie, dan zal het aantal resistente bacteriekolonies na iedere infectie ongeveer gelijk zijn. Als resistentie ontstaat door toevallige mutaties voorafgaand aan infectie, dan zal het aantal resistente bacteriekolonies bij iedere infectie sterk verschillen. <i>Werkplan</i> De onderzoekers kweekten vanuit niet-resistente bacteriën in een aantal stappen acht bacteriekolonies. In de eerste stap werd één bacteriekolonie gekweekt. Vanuit deze kolonie werden in de volgende stap twee kolonies gekweekt, daarna vier en ten slotte ontstonden er acht kolonies. Uit elke kolonie plaatsten ze een gelijke hoeveelheid bacteriën op een petrischaal die was geïnfecteerd met bacteriofagen. Vervolgens werd het aantal resistente bacteriekolonies op de petrischaal bepaald. Dit experiment herhaalden de onderzoekers vier keer.	
Resultaat	Hierna zijn schematisch twee mogelijke uitkomsten van het experiment weergegeven. De blauwe delingen vinden plaats tijdens het kweken van de kolonies. De rode rondjes stellen de resistente bacteriekolonies in de petrischaal voor. mogelijk resultaat 1: experiment 1 experiment 2 experiment 3 experiment 4 mogelijk resultaat 2: experiment 1 experiment 2 experiment 3 experiment 4	
Conclusie	Resistentie treedt op door toevallige mutaties. De hypothese is juist.	

- 22 In afbeelding 11 lees je over een onderzoek naar het ontstaan van mutaties. Beantwoord de volgende vragen over dit onderzoek.
- De onderzoekers bedenken een experiment dat geschikt is om hun hypothese te toetsen.
Hoe noem je dit type onderzoek?
 - Wanneer treden bij 'mogelijk resultaat 1' de mutaties op waardoor resistentie ontstaat?
 - Hoe kun je in het schema van 'mogelijk resultaat 2' zien dat sommige bacteriekolonies al resistent zijn voordat ze in aanraking zijn geweest met de bacteriofagen?
 - Wat zal de uitkomst zijn geweest van dit experiment: resultaat 1 of resultaat 2?
 - Stel dat in een van de petrischalen zes van de acht kolonies al voorafgaand aan de infectie resistent waren.
Hoe zou het schema voor deze petrischaal er dan uitzien? Teken het schema.

CONTEXT

Beroep

- ▼ **Afb. 12** Verwerking van feces in een kiemvrije werkrimte.



Poeptransplantatie

Laura, een gediplomeerd verpleegkundige, verwerkt feces in een steriele ruimte bij een poepbank. Hier wordt de feces van donoren gecontroleerd en bewerkt om te worden gebruikt voor transplantatie bij patiënten die lijden aan een darminfectie met *Clostridium difficile*. De ernst van deze infecties is toegenomen door het ontstaan van bacteriestammen die ongevoelig zijn voor de gebruikte antibiotica. Een poeptransplantatie helpt de patiënt veel sneller van zijn problemen af en heeft minder bijwerkingen dan antibiotica. Na het verwijderen van de eigen ontlasting krijgt de patiënt de poep van een gezonde donor ingebracht. De donorpoep wordt met een sonde via de mond in het darmkanaal gebracht. Zo komt de darmflora van de patiënt snel weer in balans. Na maximaal twee behandelingen wordt een genezingspercentage bereikt van gemiddeld 93,8% tegenover 30,8% na twee behandelingen met antibiotica. Als verpleegkundige kent Laura het belang van een stabiele darmflora. Bij de poepbank screent zij potentiële donoren met een vraaggesprek, een bloedonderzoek en een fecesonderzoek. Ze is betrokken bij de uitvoering van de poeptransplantaties en geeft voorlichting aan patiënten. Ook werkt ze samen met deskundigen aan de verdere ontwikkeling van behandelingen tegen hardnekkige darminfecties.

Naar: <http://www.sacbee.com>, persbericht VUmc, december 2014.

opdrachten

- 23 Waarom moet de ruimte waar Laura werkt kiemvrij (steriel) zijn?
- 24 **a** Hoe worden bacteriestammen genoemd die ongevoelig zijn voor antibiotica?
b Welke bijwerking kan een antibioticum hebben in het verteringsstelsel?
- 25 **a** Over welke kennis en vaardigheden moet Laura beschikken om haar werk als verpleegkundige goed te kunnen doen?
b Zou dit werk iets voor jou zijn? Licht je antwoord toe.

Leerdoelen

- Je kunt kenmerken van eukaryoten noemen.

3 Eukaryoten

Als je om je heen kijkt is de kans groot dat je een eukaryoot ziet. Veel eukaryoten zijn meercellig en hebben gespecialiseerde weefsels en organen. Zoals jouw ogen en hersenen, waarmee je een beeld van jezelf en de wereld kunt vormen.

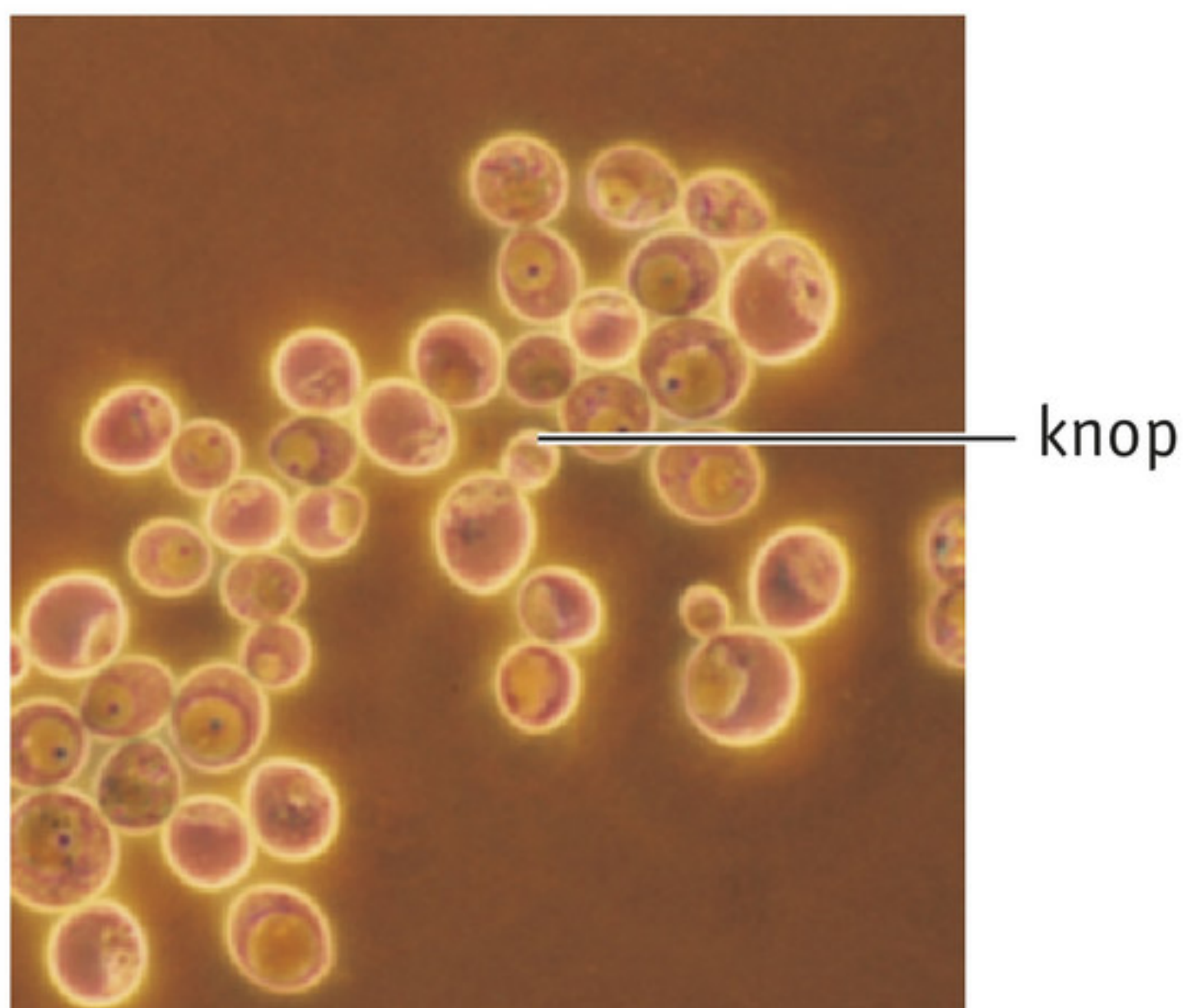
SCHIMMELS

Schimmels bezitten geen chlorofyl. Ze zijn heterotroof en belangrijk voor de afbraak van organische stoffen in de natuur. **Gisten** zijn eencellige schimmels (zie afbeelding 13). Meercellige schimmels zijn meestal opgebouwd uit lange **schimmeldraden** (hyfen). De celwanden van gisten en van de meeste schimmels bevatten chitine.

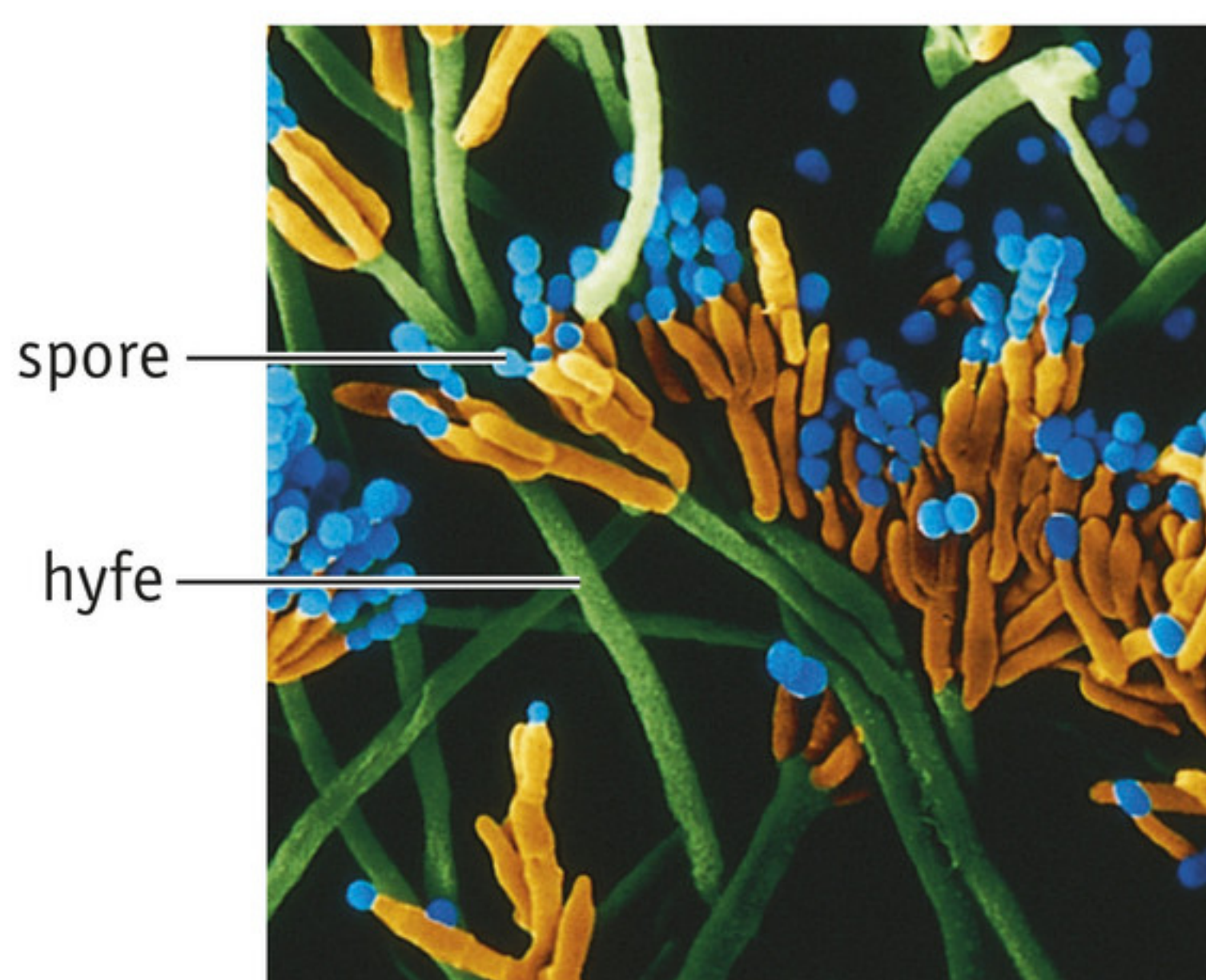
Schimmels kunnen, net als bacteriën, voedsel doen bederven. En ook schimmels worden door de mens ingezet bij de bereiding van voedingsmiddelen (bijvoorbeeld kaas en sojasaus). Bakkers voegen gist aan brooddeeg toe om het te laten rijzen. Ook bij de productie van alcohol in bier en wijn wordt gist gebruikt. Sommige schimmelsoorten veroorzaken ziekten bij planten, dieren of mensen. Bij de mens wordt onder andere zwemmerseczeem door een schimmelinfectie veroorzaakt. Uit schimmels worden ook geneesmiddelen bereid. Verschillende soorten penseelschimmel (*Penicillium*) produceren stoffen die worden gebruikt als antibiotica. Het antibioticum penicilline bijvoorbeeld bestrijdt bacteriële infecties, doordat het bij bacteriën de vorming van celwanden verstoort.

Gisten planten zich vaak voort door knopvorming. Meercellige schimmels planten zich meestal voort door **sporen**. Bij eenvoudige schimmelsoorten, zoals de penseelschimmel, ontstaan sporen aan de uiteinden van schimmeldraden die uit de voedselbron omhoogsteken (zie afbeelding 14.1). In afbeelding 14.2 is de ongeslachtelijke voortplanting van een penseelschimmel schematisch getekend.

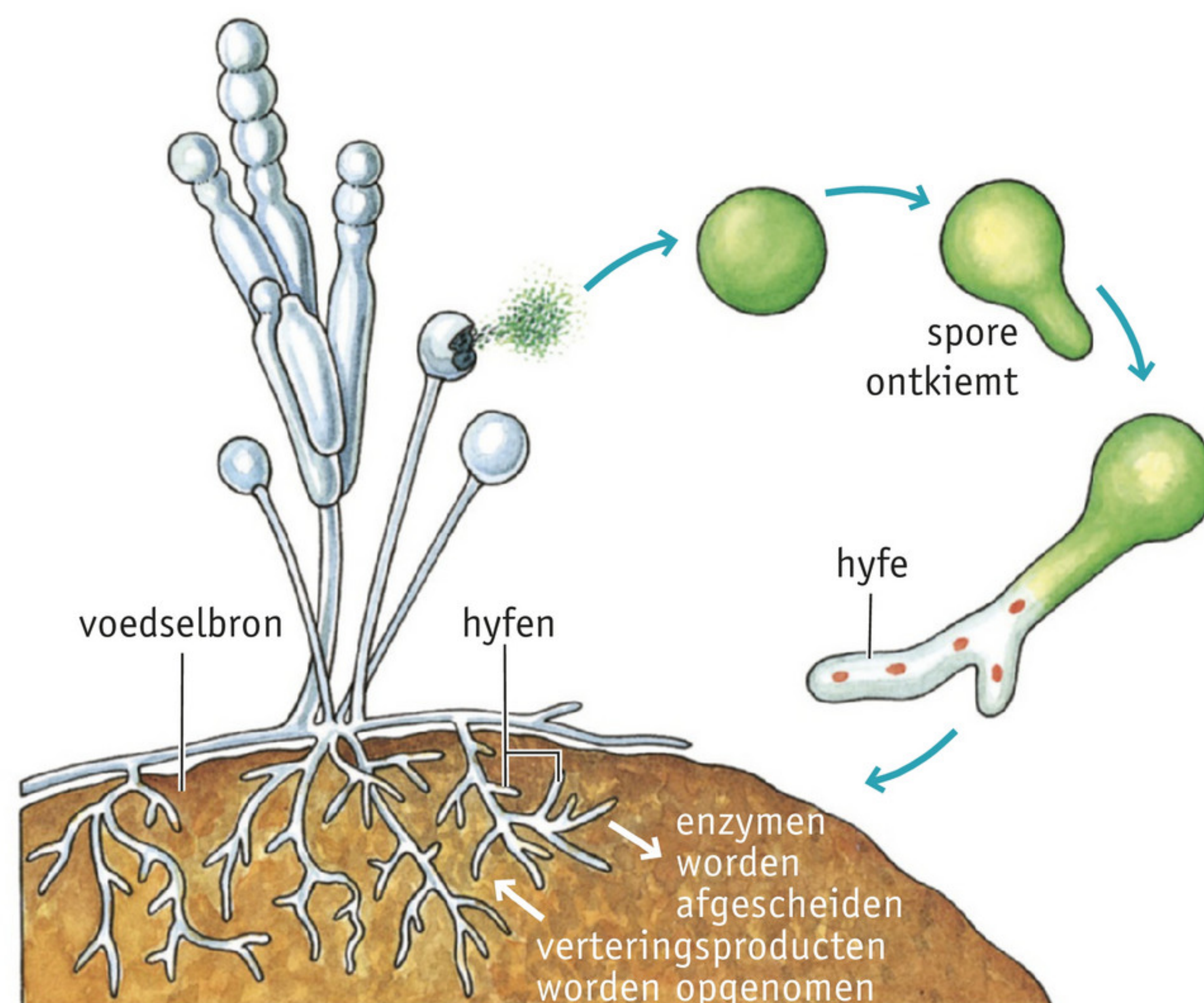
▼ **Afb. 13** Gist (vergroting 600x).



▼ **Afb. 14** Ongeslachtelijke voortplanting van de penseelschimmel.



1 penseelschimmel met sporen (600x vergroot)



2 ontkieming van een spore (schematisch)

- ▼ **Afb. 15** Bij de vliegenzwam ontstaan de sporen in lamellen (plaatjes) onder de hoed.



Bij andere schimmelsoorten ontstaan de sporen in speciale voortplantingsorganen, de **paddenstoelen** (zie afbeelding 15). Sporen worden door luchtstromen meegevoerd en kunnen, onder gunstige groeiomstandigheden, elders ontkiemen.

opdrachten

- 26 Zijn schimmels autotroof of heterotroof?
- 27 Wat is de functie van een paddenstoel?
- 28 a Noem vier voedingsmiddelen die met behulp van schimmels worden gemaakt.
b Op welke wijze maakt de mens gebruik van de schimmels *Penicillium roqueforti* en *Penicillium camemberti*?
- 29 Welke twee schadelijke gevolgen kunnen schimmels voor de mens hebben?
- 30 Een patiënt heeft een infectieziekte die wordt veroorzaakt door een virus.
a Kan een penicillinekuur dan genezing brengen? Leg je antwoord uit.
b Penicilline verstoort de vorming van celwanden bij bacteriën, maar niet bij andere organismen. Leg uit hoe dat mogelijk is. Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 94D).
- 31 Sporendragers aan het einde van schimmeldraden en paddenstoelen hebben dezelfde functie.
Welk van deze twee organen is het meest geschikt voor deze functie? Licht je antwoord toe.
- 32 Verschillende antibiotica worden gemaakt met behulp van schimmels. Geef hiervoor een verklaring. Bedenk daarbij dat bacteriën en schimmels in de natuur concurrenten zijn (bij de afbraak van organische stoffen).

PLANTEN

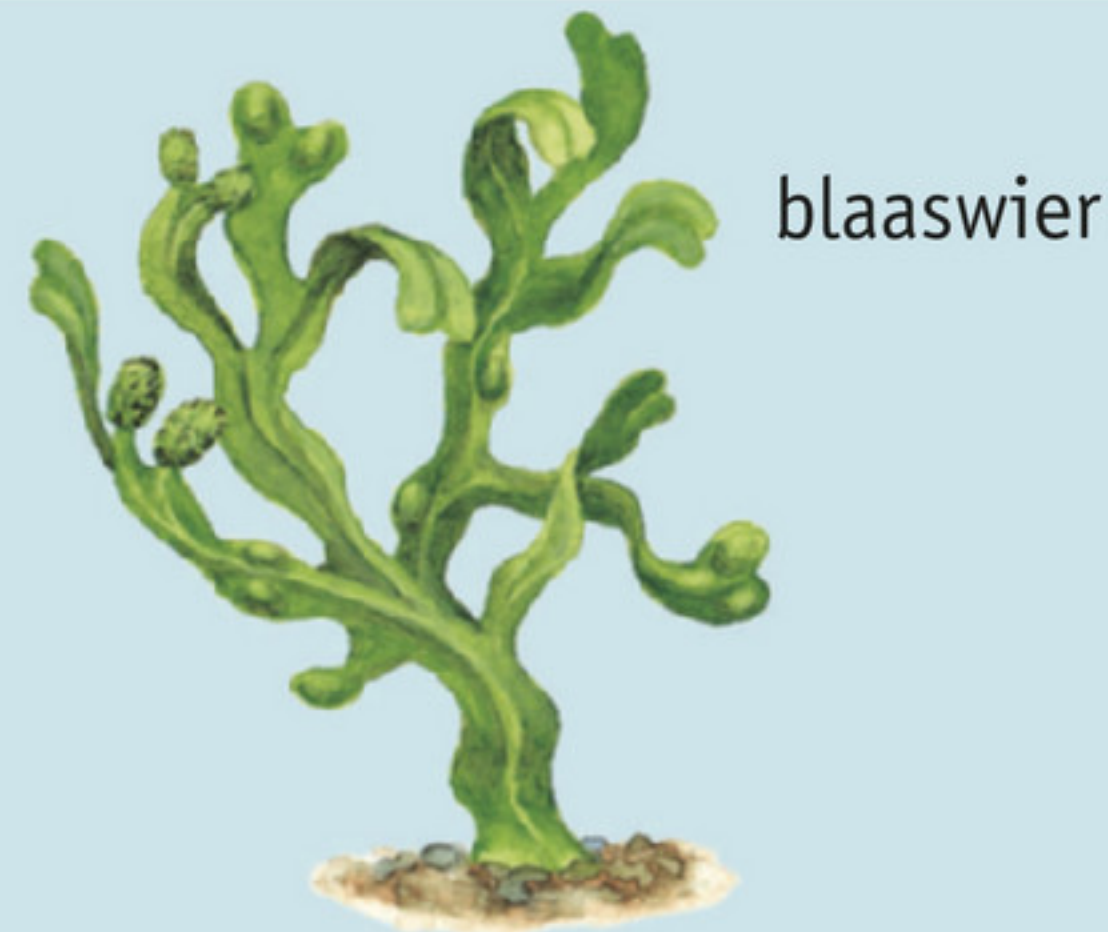
Planten hebben celwanden om hun cellen. Deze celwanden bestaan grotendeels uit cellulose. Dankzij de chloroplasten in hun cellen zijn ze autotroof. Het plantenrijk wordt ingedeeld in groepen met verschillen in het aantal cellen, de wijze van voortplanting en intern transport (zie afbeelding 16). Ook resultaten uit DNA-onderzoek spelen een rol bij de indeling.

Sommige eencellige eukaryoten hebben celkenmerken van planten, zoals bepaalde algen. Algen zijn eencellige wieren. Wieren, mossen, paardenstaarten en varens planten zich voort door sporen. Deze vier groepen worden samen **sporenplanten** genoemd. Paardenstaarten, varens en zaadplanten hebben transportvaten, voor het vervoer van stoffen. Deze drie groepen worden samen **vaatplanten** genoemd. Wieren en mossen hebben geen systeem van vaten voor het transport van stoffen. Ze blijven daardoor klein.

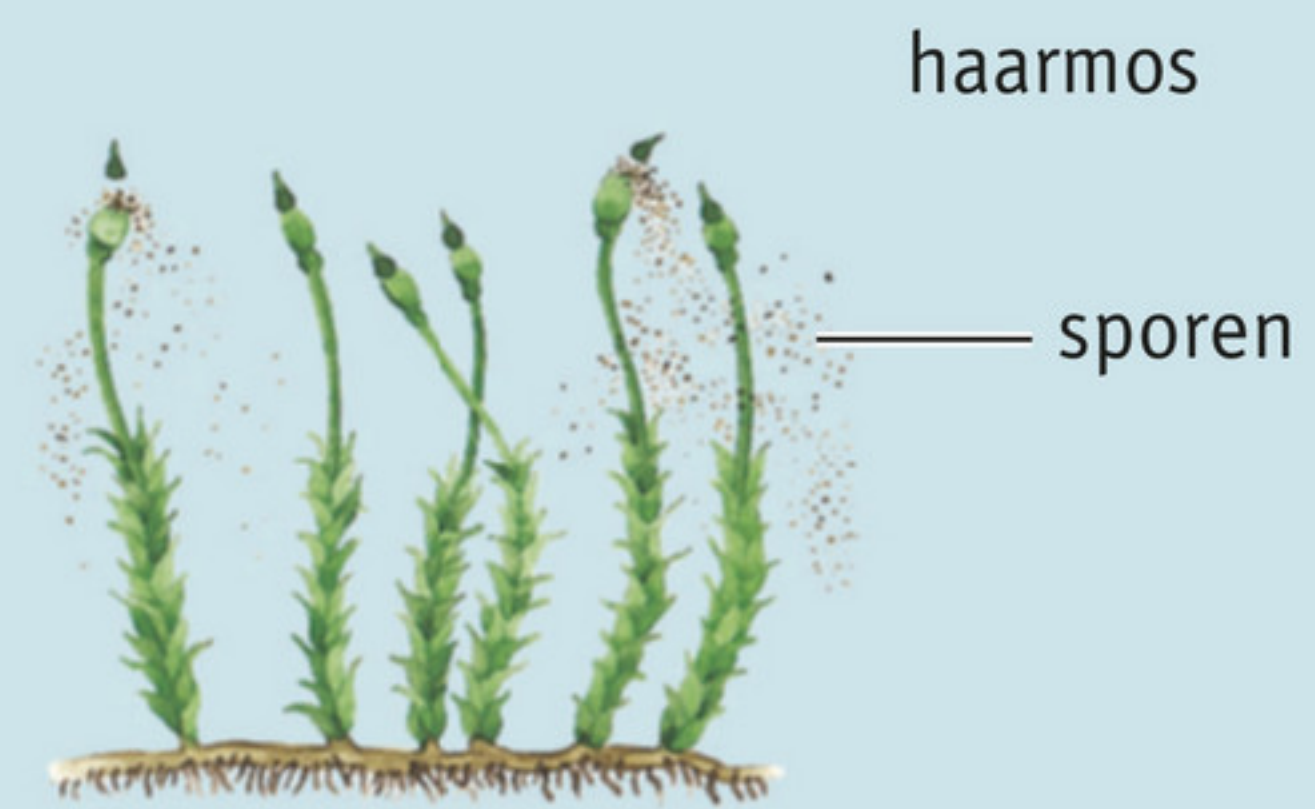
► PRACTICUMOPDRACHT 2

▼ **Afb. 16** Indeling van het plantenrijk.**Wieren (algen)****KENMERKEN**

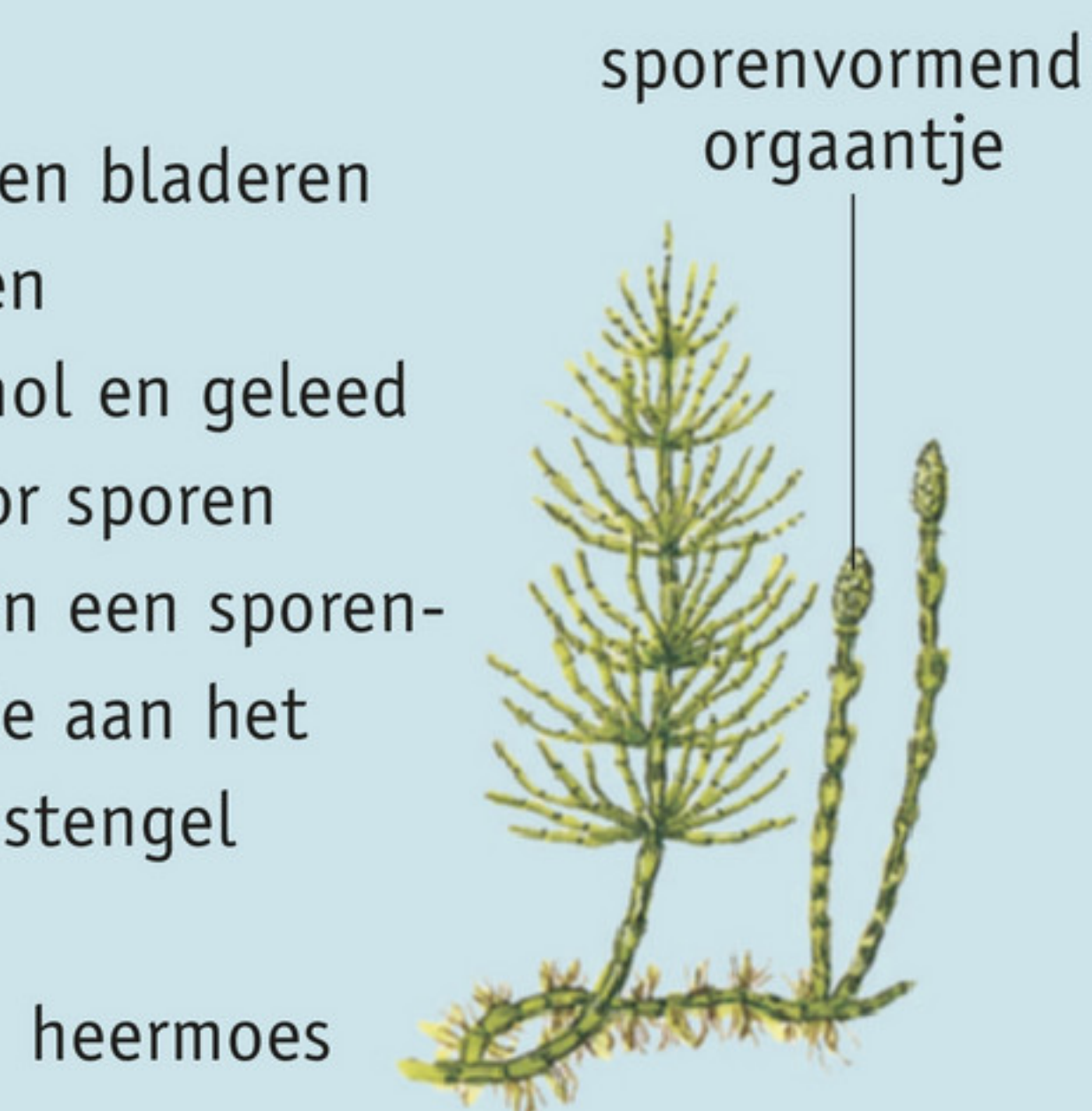
- geen wortels
- geen stengels
- geen bladeren
- geen hout- en bastvaten

**Mossen****KENMERKEN**

- geen echte wortels
- wel stengels en bladeren
- geen hout- en bastvaten
- voortplanting door sporen
- sporen ontstaan in een sporendoesje, dat op een steeltje boven het mosplantje uitgroeit

**Paardenstaarten****KENMERKEN**

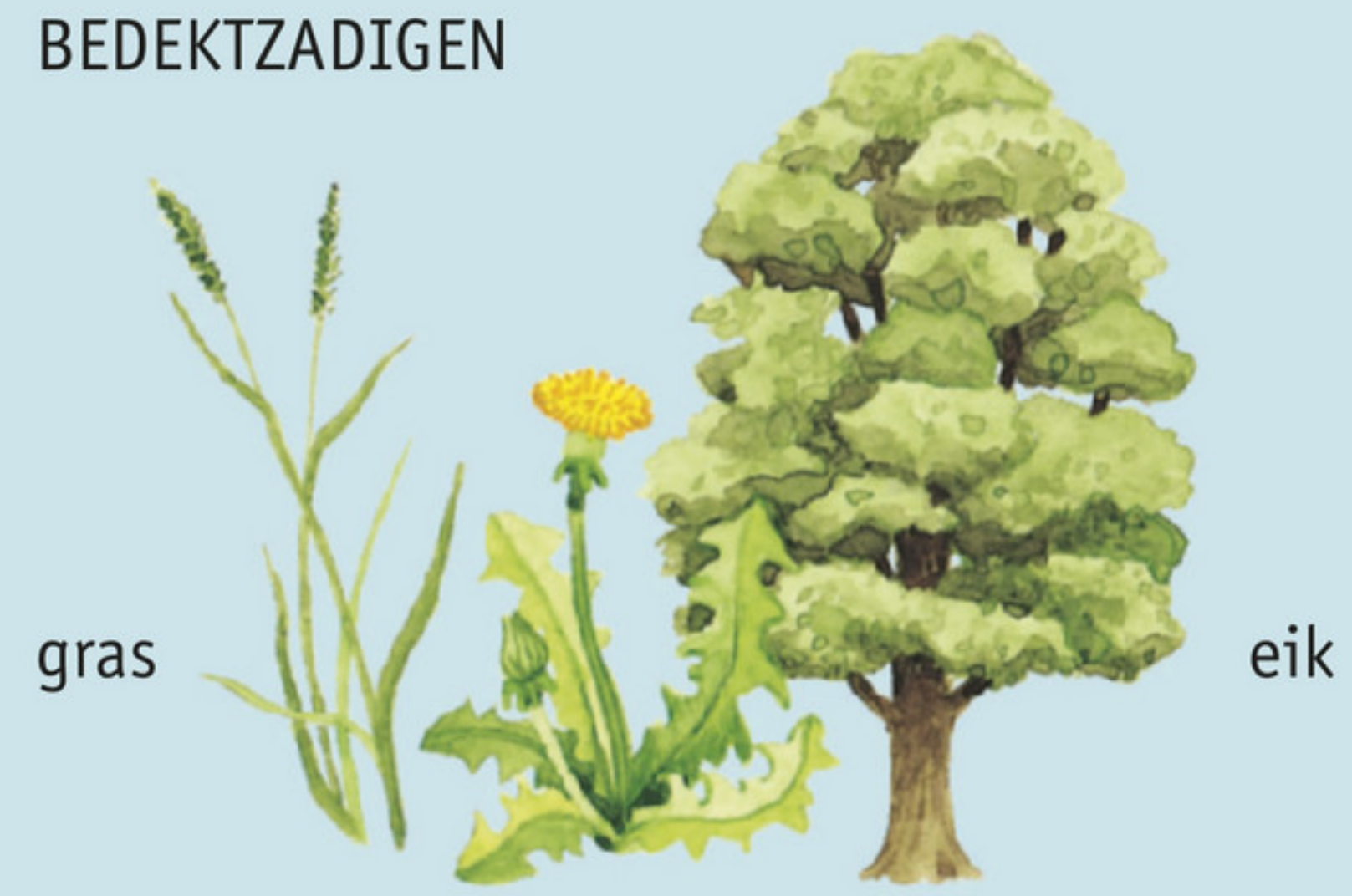
- wortels, stengels en bladeren
- hout- en bastvaten
- de stengels zijn hol en geled
- voortplanting door sporen
- sporen ontstaan in een sporen-vormend orgaantje aan het uiteinde van een stengel

**Varens****KENMERKEN**

- wortels, stengels en bladeren
- hout- en bastvaten
- de bladeren zijn groot en meestal ingesneden
- voortplanting door sporen
- sporen ontstaan in sporen-hoopjes aan de onderzijde van bladeren

**Zaadplanten****KENMERKEN**

- wortels, stengels en bladeren
- hout- en bastvaten
- voortplanting door zaden
- zaden ontstaan in bloemen

NAAKTZADIGEN**BEDEKTZADIGEN**

DIEREN

Dieren hebben geen celwanden om hun cellen. Door het ontbreken van chlorofyl zijn ze heterotroof. Bijna alle dieren zijn diploïd. In de levenscyclus van vrijwel alle dieren blijft het haploïde stadium beperkt tot de geslachtscellen. Criteria voor de indeling van het dierenrijk zijn een- of meercelligheid, symmetrie, het soort skelet en resultaten van moleculair onderzoek (zie afbeelding 17 en 18).

► **Afb. 17** Skeletten bij dieren.



1 bij een spons: een skelet van naalden tussen de cellen



2 bij een inktvis: een inwendige schelp (zeeschuim)

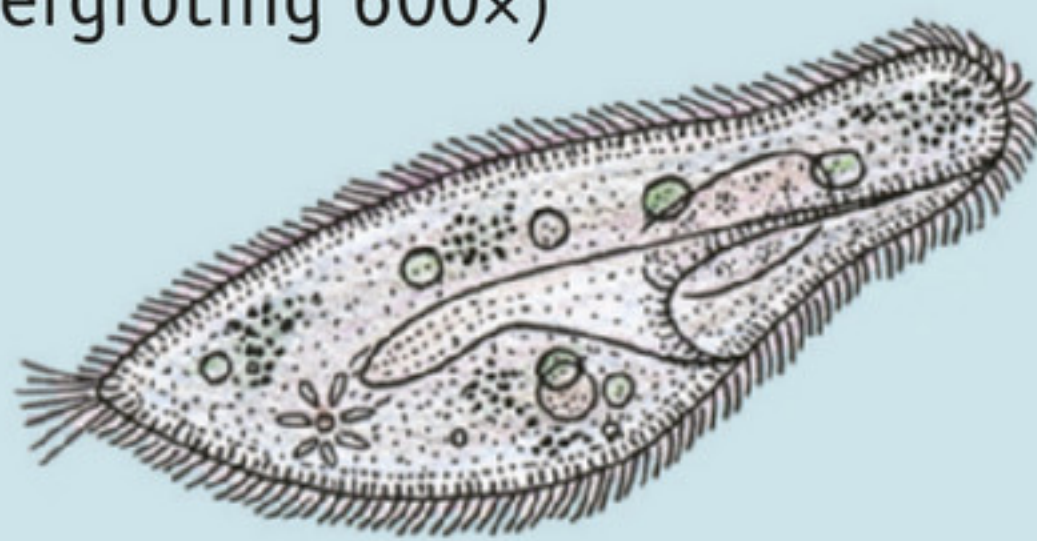
▼ **Afb. 18** Indeling van het dierenrijk.

Eencelligen

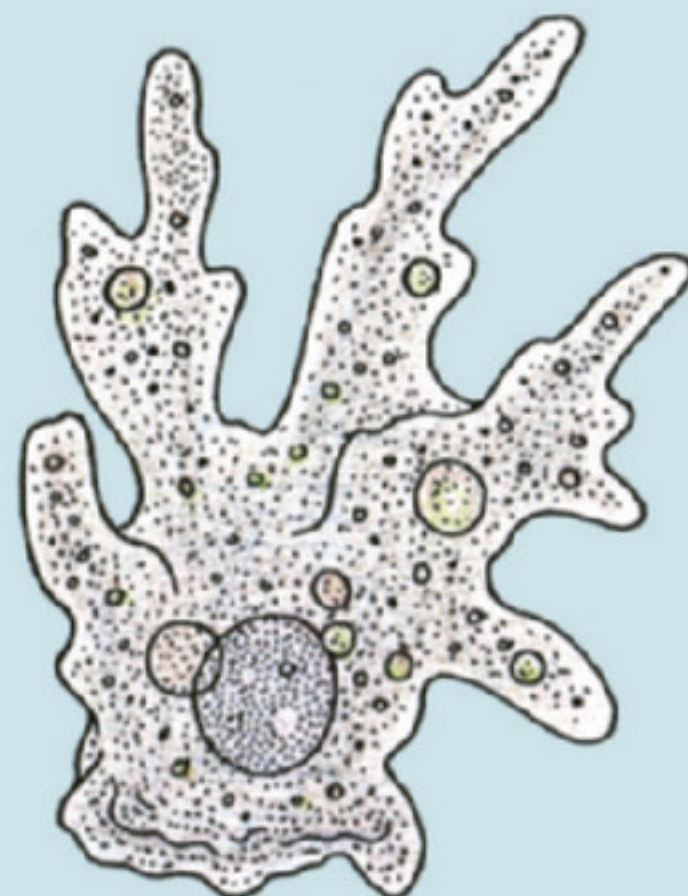
KENMERKEN

- asymmetrisch
- geen skelet
- leven in het water

pantoffeldiertje
(vergroting 600×)



amoebe
(vergroting 600×)

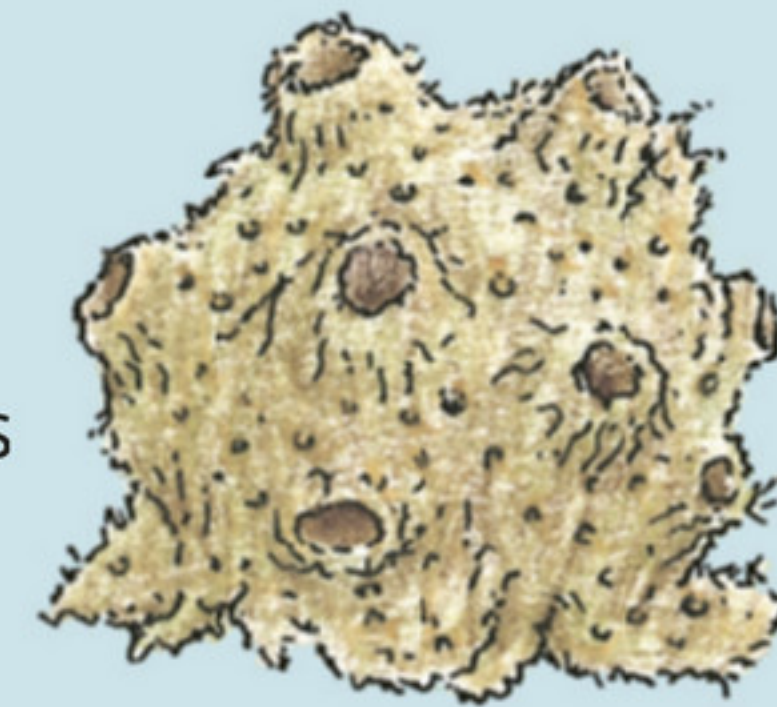


Sponzen

KENMERKEN

- asymmetrisch
- een skelet van naalden tussen de cellen
- zitten vast op de bodem van de zee

bad spons

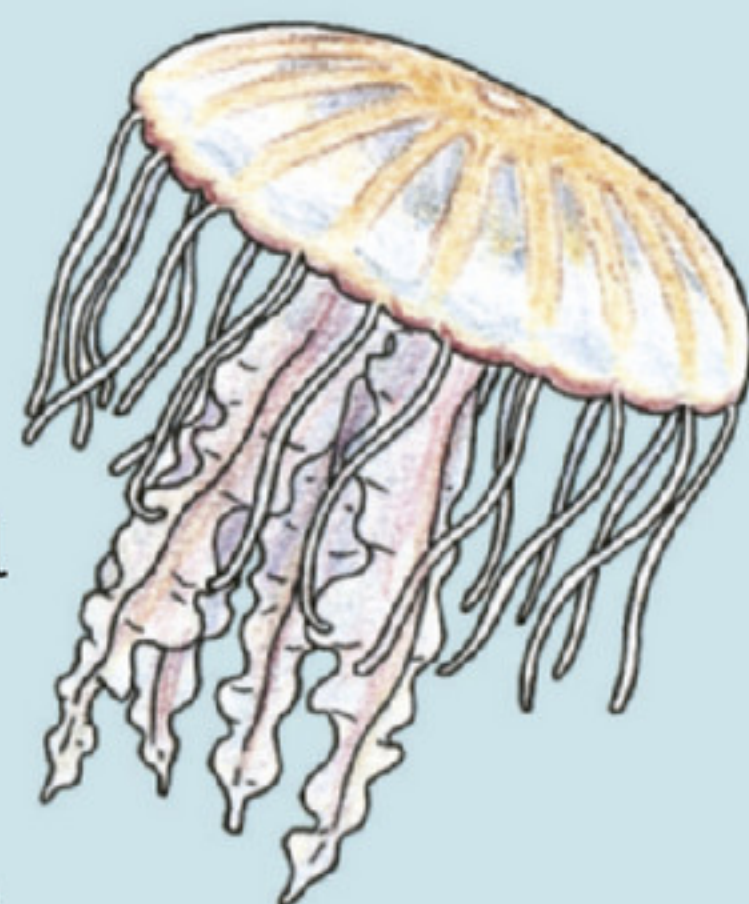


Holtdieren

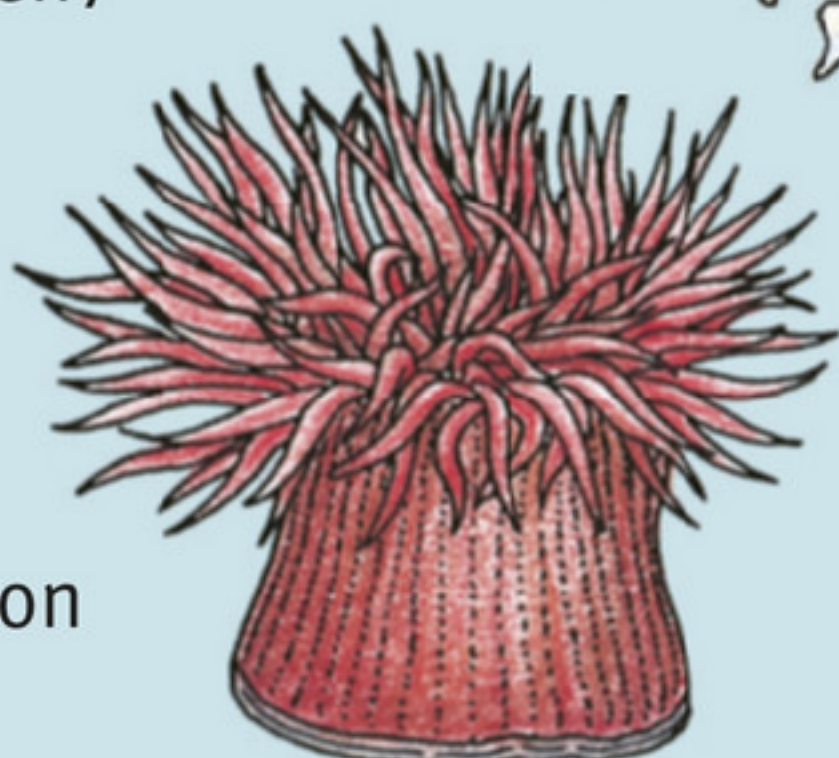
KENMERKEN

- radiaal symmetrisch
- meestal geen skelet
- leven in het water
- vangen hun prooi met tentakels (vangarmen)

kwal



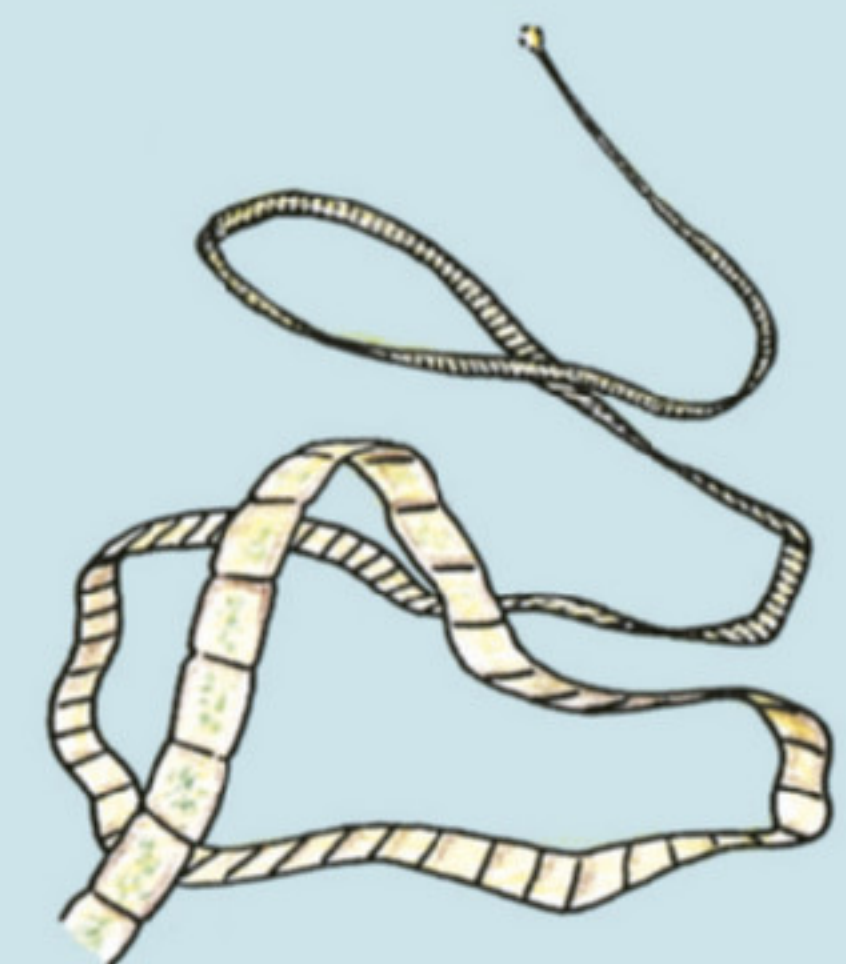
zeeanemoon



Platwormen

KENMERKEN

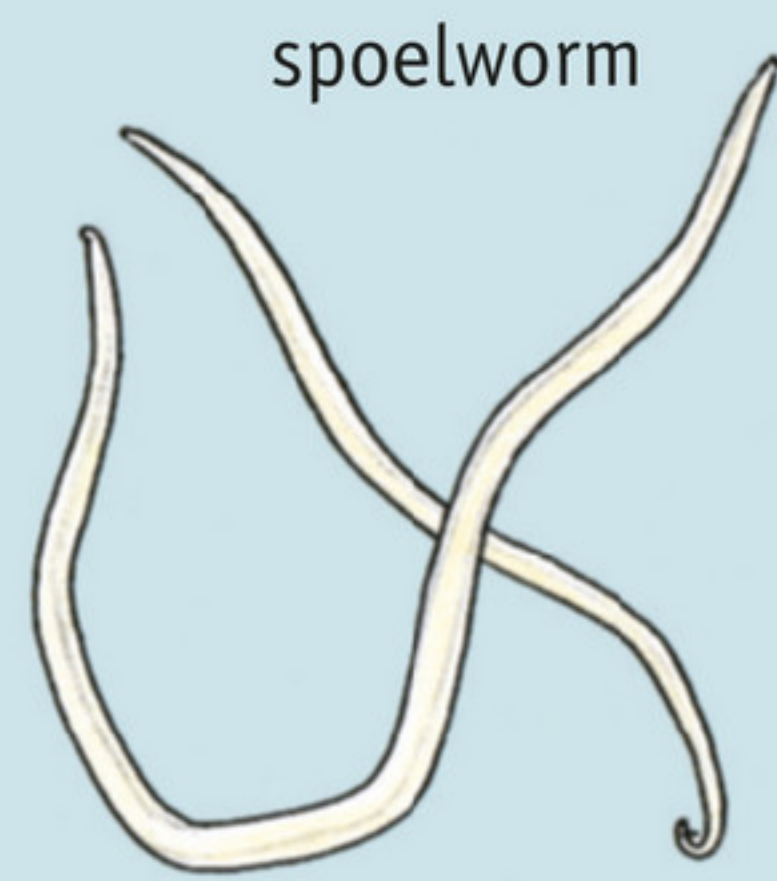
- bilateraal symmetrisch
- geen skelet
- het lichaam is lang en dun
- de dwarsdoorsnede is plat
- veel soorten leven als parasiet



lintworm

Rondwormen**KENMERKEN**

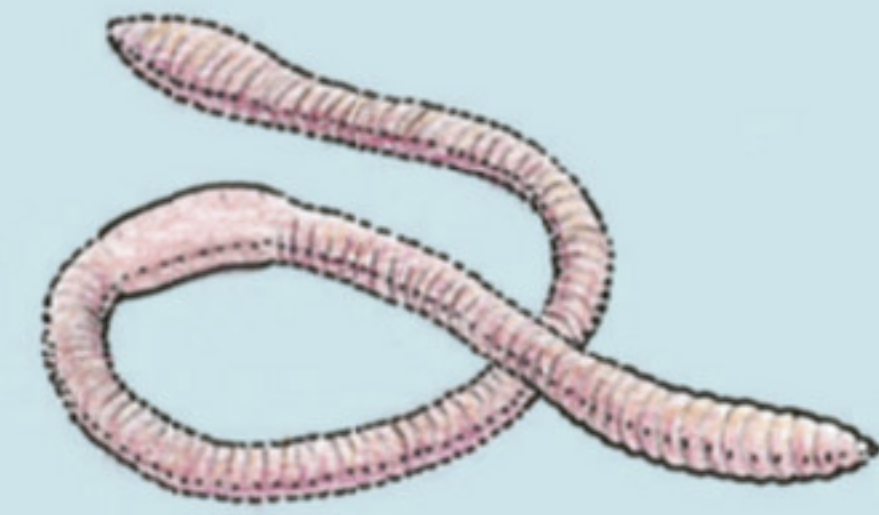
- bilateraal symmetrisch
- geen skelet
- het lichaam is lang en dun
- de dwarsdoorsnede is rond
- veel soorten leven als parasiet



spoelworm

Ringwormen**KENMERKEN**

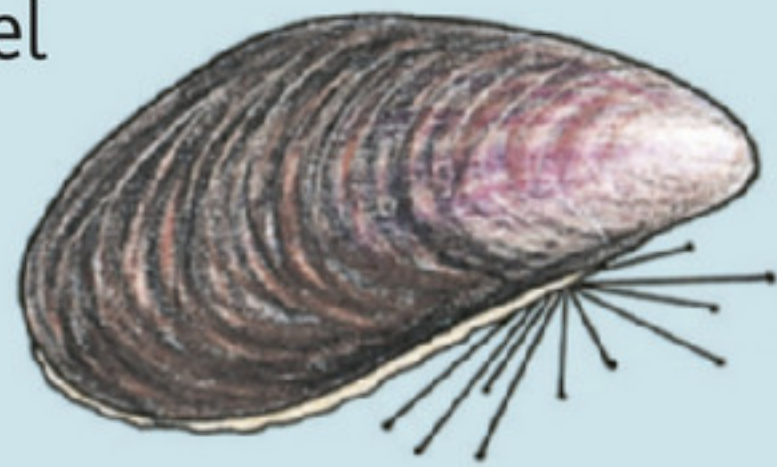
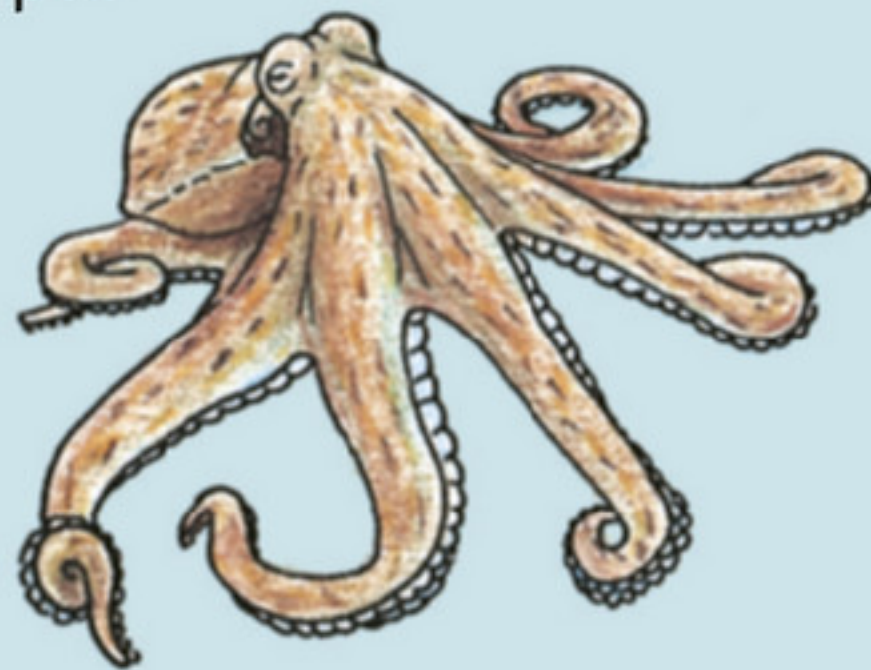
- bilateraal symmetrisch
- geen skelet
- het lichaam is lang en dun
- de dwarsdoorsnede is rond
- het lichaam is gesegmenteerd (opgebouwd uit 'schijfjes')



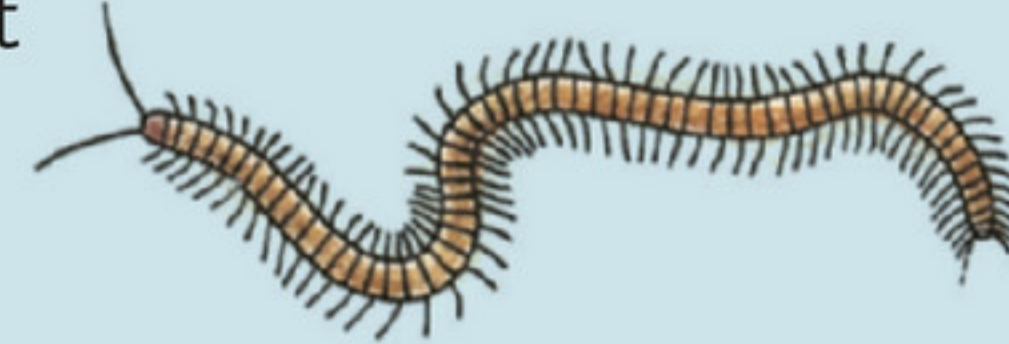
regenworm

Weekdieren**KENMERKEN**

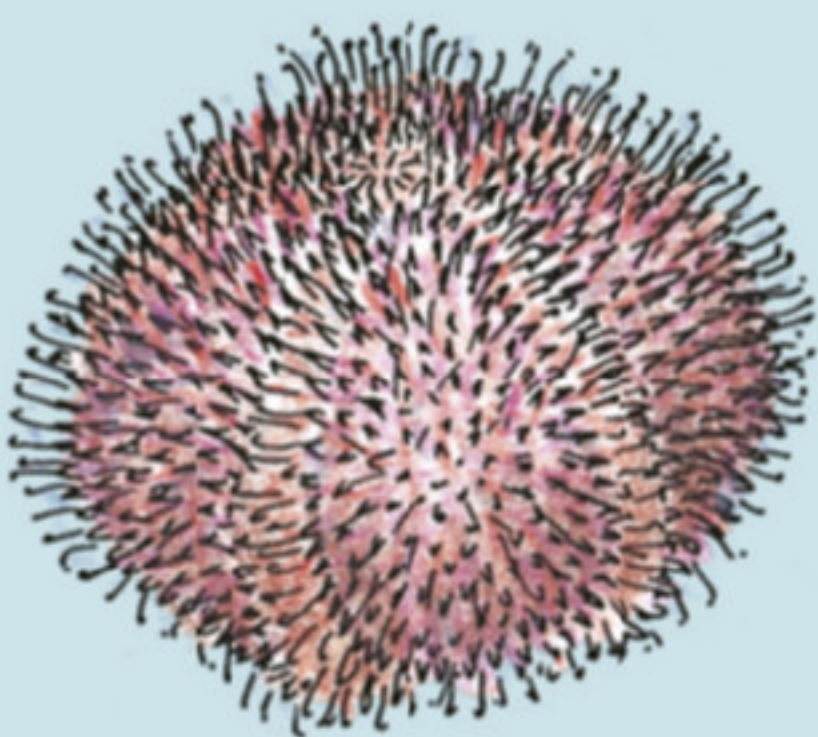
- bilateraal symmetrisch
- meestal een schelp of
- huisje als skelet

TWEEKLEPPIGEN**mossel****INKTVISSEN****octopus****SLAKKEN****tuinslak****Geleedpotigen****KENMERKEN**

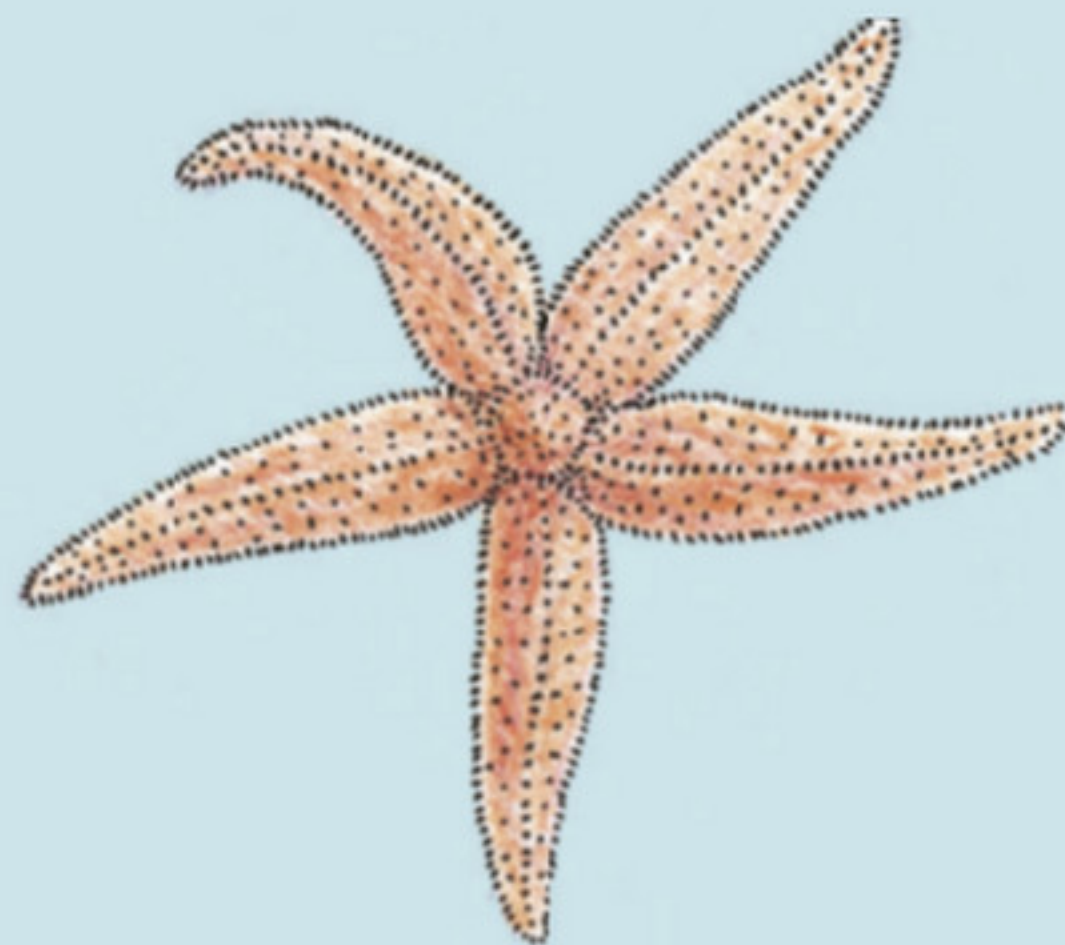
- bilateraal symmetrisch
- een exoskelet van chitine
- de kop draagt ogen en antennen

SPINACHTIGEN**spin****INSECTEN****vlieg****KREEFTACHTIGEN****krab****DUIZENDPOTEN****duizendpoot****Stekelhuidigen****KENMERKEN**

- radiaal symmetrisch
- een endoskelet van kalk
- de huid is bedekt met stekels of knobbels
- leven op de bodem van de zee



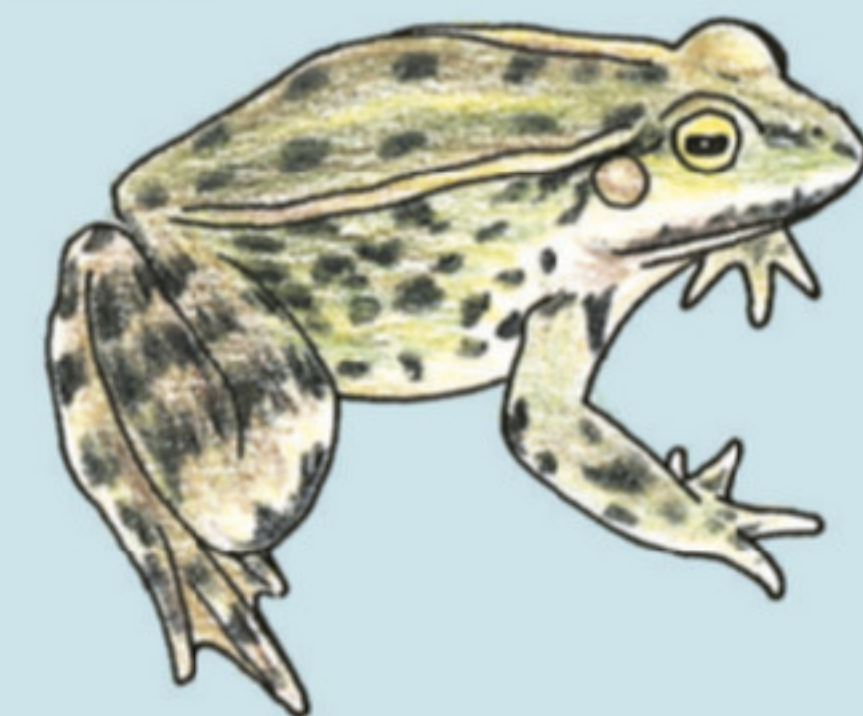
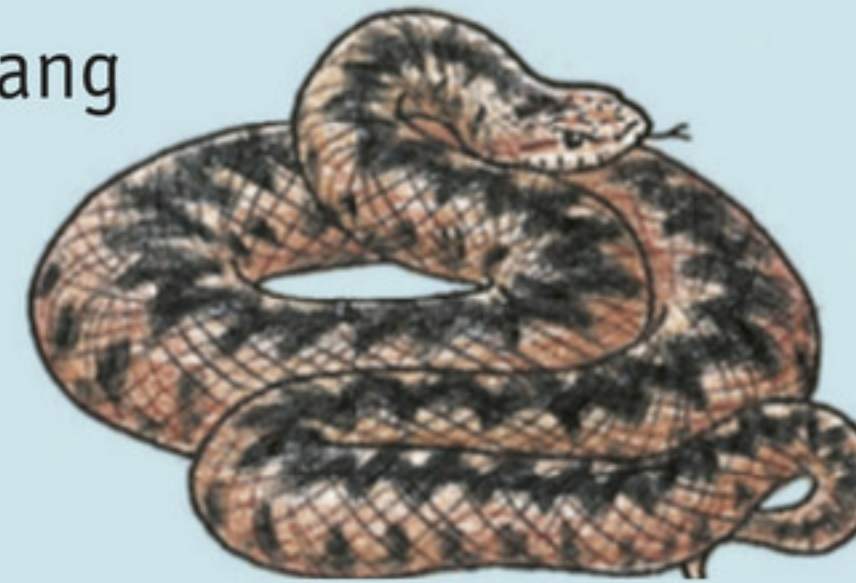
zee-egel



zeester

Gewervelden**KENMERKEN**

- bilateraal symmetrisch
- een endoskelet (geraamte) met een wervelkolom

VOGELS**zwaluw****ZOOGDIEREN****wolf****AMFIBIEËN****kikker****REPTIELEN****slang****VISSEN****snoek**

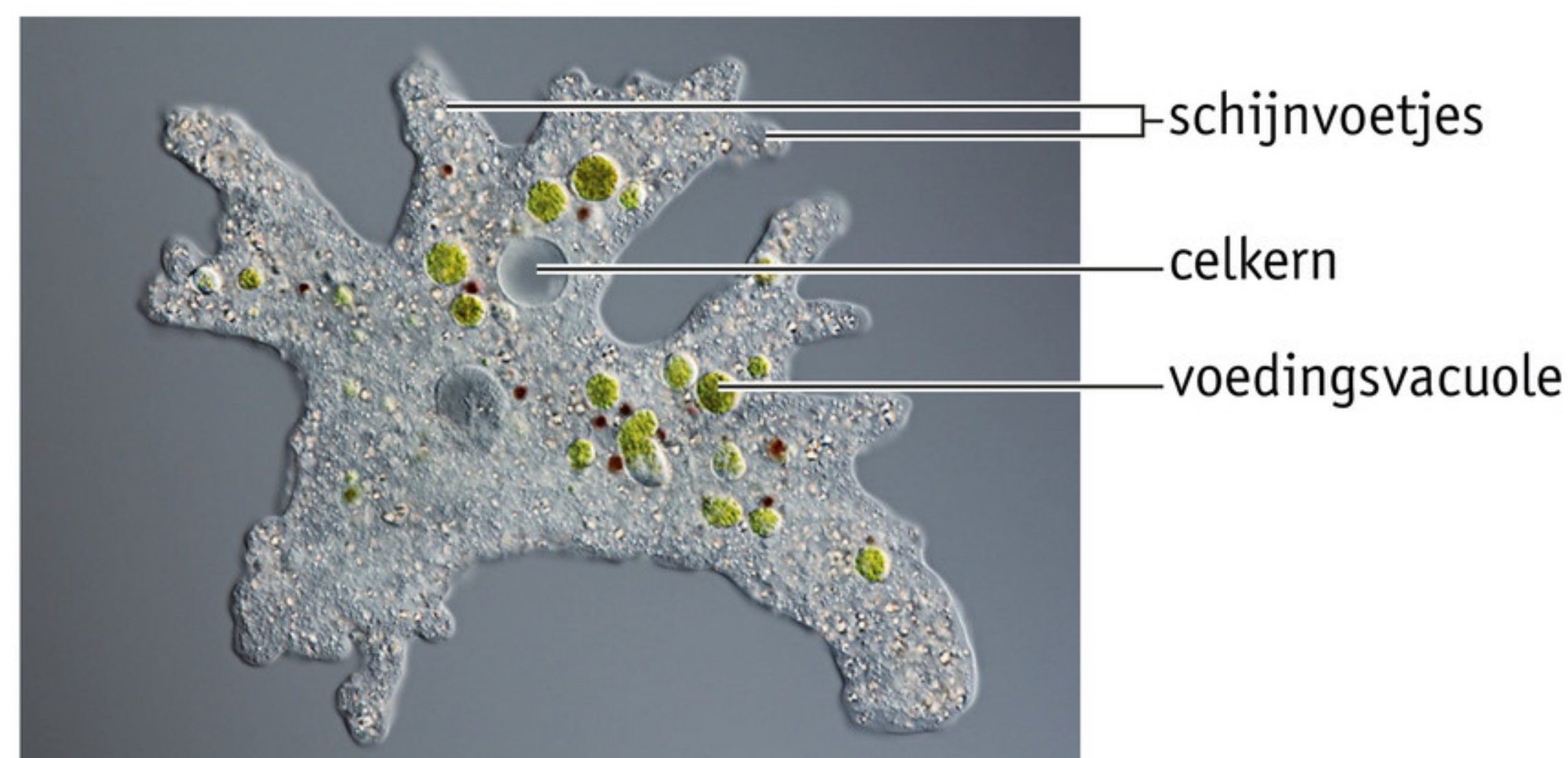
EENCCELLIGEN

Sommige eencellige eukaryoten hebben celkenmerken van dieren. Een voorbeeld is het pantoffeldiertje. Dit organisme heeft geen celwand en is niet in staat tot fotosynthese. Een andere eencellige eukaryoot zonder celwand of bladgroen is de amoebe. Een amoebe kan zich met schijnvoetjes voortbewegen (zie afbeelding 19.1). De schijnvoetjes kunnen ook voedsel insluiten (fagocytose). Het voedsel van amoeben bestaat voornamelijk uit bacteriën, die in voedingsvacuolen worden verteerd.

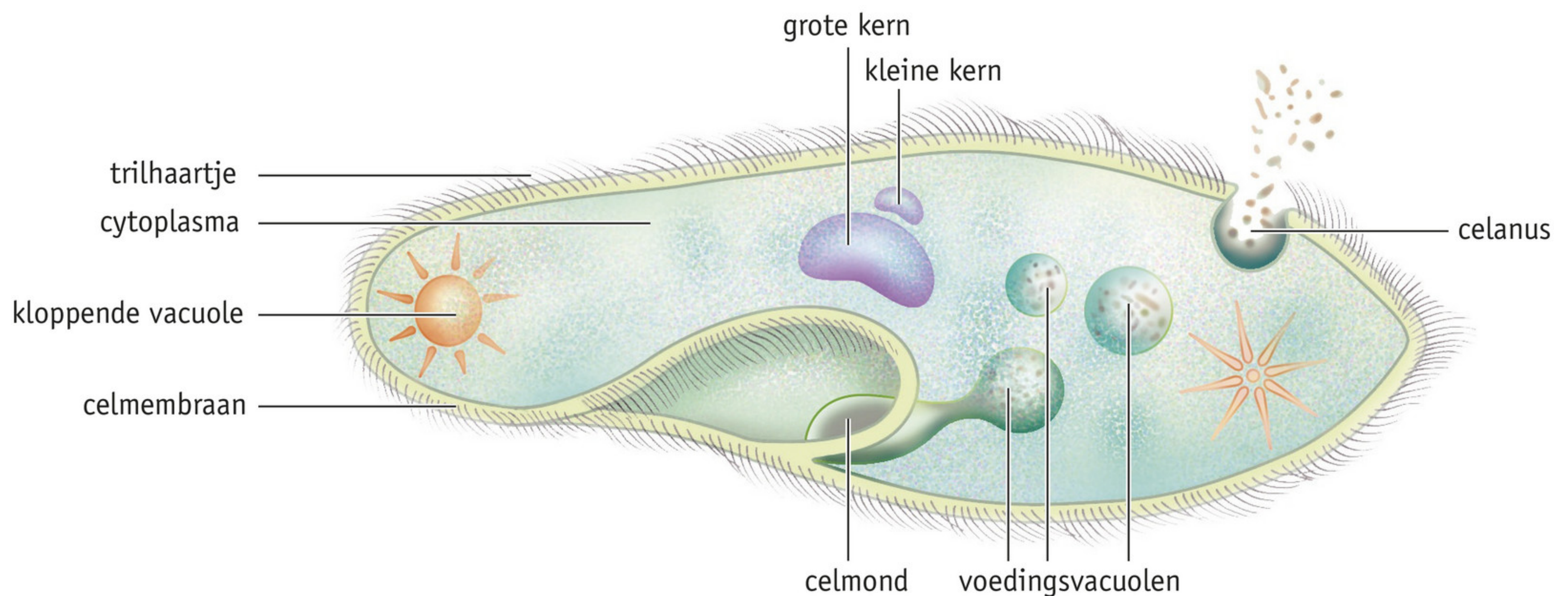
Bij trilhaardierts, zoals het pantoffeldiertje, zijn meer organellen te zien dan bij een amoebe (zie afbeelding 19.2). **Trilharen** zorgen voor de voortbeweging en het transport van voedsel naar de celmond. Aan het eind van de celslokdarm ontstaan voedingsvacuolen, waarin het opgenomen voedsel wordt verteerd. Onverteerde voedselresten worden verwijderd via de celanus.

► PRACTICUMOPDRACHT 3

► **Afb. 19** Eencellige eukaryoten zonder celwand.



1 amoebe met voedingsvacuolen



2 pantoffeldiertje (schematisch)

opdrachten

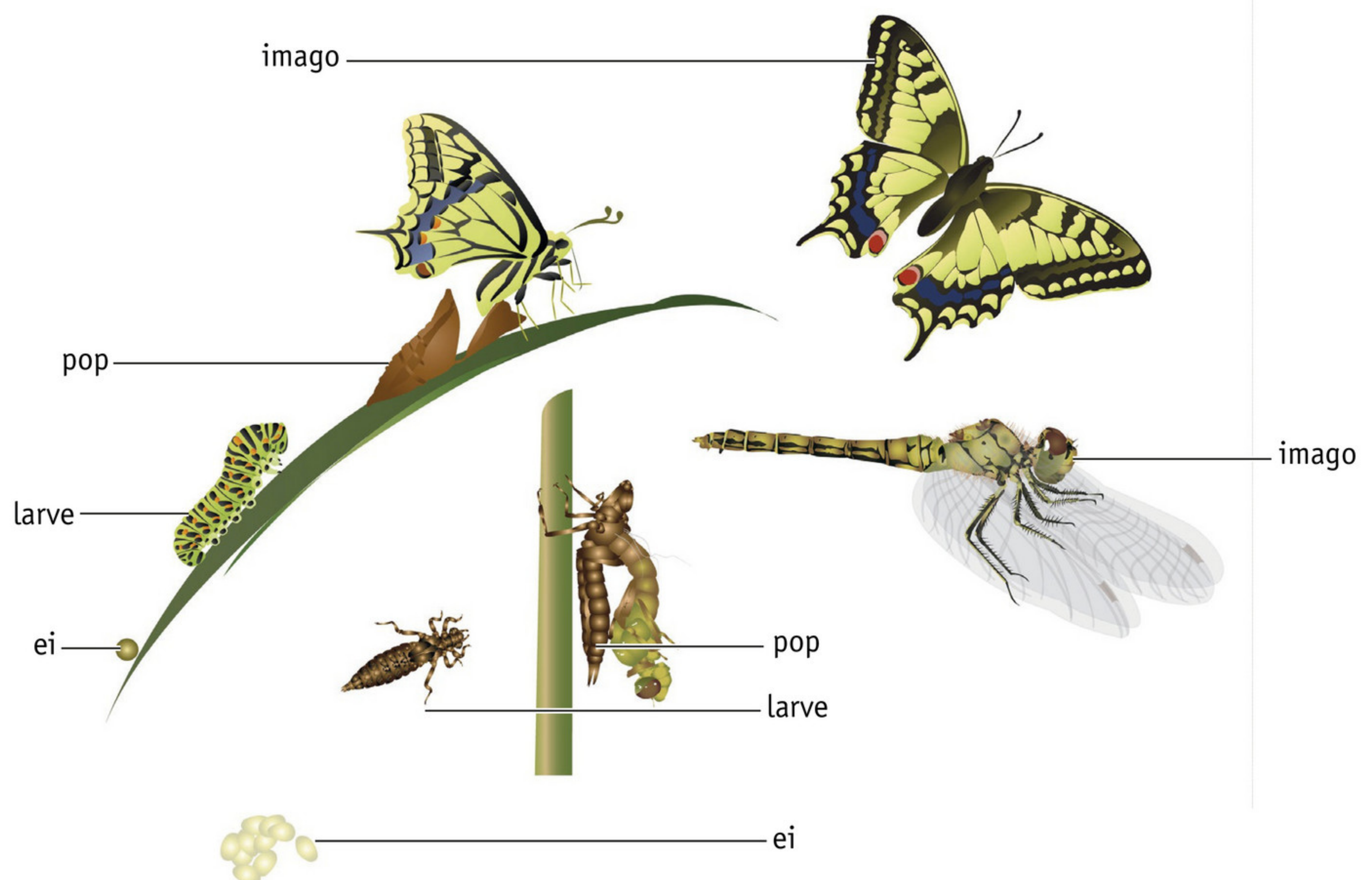
- 33 Waaruit bestaan de celwanden van bacteriën, schimmels en planten?
- 34 In afbeelding 16 zie je boomalgen die zich hechten aan een meercellige verwante zaadplant met gespecialiseerde organen, zoals wortels, bloemen en zaden.
- Welke voordelen bieden deze organen voor de zaadplant?
 - Leg uit dat vaatplanten groter kunnen worden dan planten zonder transportvaten.

GELEEDPOTIGEN

De geleedpotigen vormen de meest soortenrijke stam van het dierenrijk. Er zijn al meer dan een miljoen soorten geleedpotigen beschreven en elk jaar komen daar nog tientallen soorten bij. Insecten behoren tot de geleedpotigen. Ongeveer driekwart van alle ontdekte diersoorten behoort tot de insecten.

Het uitwendige skelet van alle geleedpotigen bevat chitine. Door de stijfheid van het skelet is groei alleen mogelijk tijdens vervellingen. In de levenscyclus van insecten ziet het volwassen stadium er vaak heel anders uit dan de **larve** (de vorm waarin het insect het ei verlaat). Voorbeelden zijn vlinders en libellen (zie afbeelding 20). De larven vervellen ongeveer vier keer. De larve kruipt dan uit het chitinepantser. Voordat het volgende chitinepantser is gevormd, groeit de larve snel. Als de larve is uitgegroeid, vindt **metamorfose** (gedaanteverwisseling) plaats. De larve verandert dan in een **pop** en in een **imago** (een volwassen insect). Na een paring worden **eitjes** gelegd en begint de cyclus opnieuw.

► **Afb. 20** Levenscyclus bij insecten (schematisch).



opdracht

- 35 a Welke voordelen heeft het uitwendige skelet bij de geleedpotigen?
 b Wat is een nadeel?
 c Het imago kan zich door zijn bouw gemakkelijker verplaatsen dan bijvoorbeeld de larve.
 Leg uit dat dit belangrijk is in verband met de functie van het volwassen stadium.

CONTEXT

Leefwereld

Planten en schimmels zorgen voor elkaar

▼ **Afb. 21** Links gras dat geënt is met mycorrhiza, rechts zonder.



Een mycorrhiza (schimmelwortel) is een hechte samenlevingsvorm tussen een bodemschimmel en de wortels van planten, waarvan beide voordeel hebben. Deze innige omhelzing bestaat al lang. Mycorrhizaschimmels hebben naar schatting 450 miljoen jaar geleden de eerste planten geholpen het land te koloniseren.

Belangrijke landbouwgewassen zoals mais, aardappelen, tarwe en bonen, maar ook grassen, leven samen met mycorrhizaschimmels. Bekende paddenstoelen als de truffel, het eekhoorntjesbrood en de vliegenzwam zijn mycorrhizaschimmels. De schimmeldraden van mycorrhizaschimmels groeien op en in de buitenste wortelcellen. In vergelijking met plantenwortels zijn schimmeldraden dun. Vooral in dichte en mineraalarme bodems zorgen de schimmels op die manier voor een uitbreiding van het wortelstelsel van de plant en een betere opname van voedingsstoffen.

De plant kan zeer efficiënt zonne-energie omzetten in voedingsstoffen (zoals glucose) terwijl de schimmel met zijn dunne schimmeldraden efficiënt voedingsstoffen uit de bodem kan opnemen (zoals kalium, magnesium en ijzer). Plant en schimmel kunnen zo elkaars kwaliteiten optimaal benutten. De mycorrhizaschimmels geven wortels ook bescherming tegen ziekten en uitdroging. Uit onderzoek blijkt dat in de bodem zelfs schimmelnetswerken bestaan die meerdere plantensoorten met elkaar verbinden. Sta even stil bij die zorgzame relatie onder je voeten als je over een grasveldje loopt.

Naar: oratie dr.ir. Marcel G.A. van der Heijden, januari 2012.

opdrachten

- 36 a Welke voedingsstof ontvangen de schimmels van de planten?
b Welke groep voedingsstoffen krijgen de planten van de schimmels?
- 37 Grassen met fijne wortels hebben minder voordeel van mycorrhiza dan bijvoorbeeld prei met dikke wortels. Verklaar dat.
- 38 Korstmossen speelden waarschijnlijk een belangrijke rol bij de verwerking van rotsen tijdens de kolonisatie van het leven op het land. Korstmossen groeien op stenen en rotsen en bestaan uit een schimmel die algen heeft opgenomen.
Leg het voordeel van deze samenlevingsvorm uit voor beide soorten organismen.

Leerdoel

- Je kunt uitleggen wat de neodarwinistische evolutietheorie inhoudt.

▼ **Afb. 22** Evolutie volgens De Lamarck.



▼ **Afb. 23** Spotprent over Darwin en zijn theorie.



4 De evolutietheorie

In de loop van miljarden jaren zijn levensvormen op aarde ontstaan, veranderd en verdwenen. De reizen van Charles Darwin op het schip de *Beagle* leidden tot een revolutie in de ideeën over de ontwikkelingsgeschiedenis van het leven.

ONTSTAANTHEORIE: EVOLUTIE

De meeste biologen zijn ervan overtuigd dat de levensvormen op aarde in de loop van zeer lange tijd zijn ontstaan en veranderd. Deze geleidelijke ontwikkeling wordt **evolutie** genoemd. De evolutietheorie is in de negentiende eeuw ontwikkeld. Tot die tijd dachten veel biologen dat de soorten organismen die op aarde leefden altijd zo hadden bestaan.

De Fransman Jean de Lamarck was in de achttiende eeuw een van de eersten die een theorie opstelde over evolutie. De Lamarck geloofde in geleidelijke verandering van soorten. De lange nek van giraffen verklaarde hij bijvoorbeeld doordat giraffen hun nek voortdurend moesten strekken om van meer bladeren aan bomen te kunnen eten (zie afbeelding 22). Door het voortdurende strekken zou de nek tijdens het leven iets langer worden. Elke generatie giraffen zou de grotere nek lengte doorgeven aan de volgende generatie.

In de tijd van De Lamarck was nog niet bekend dat tijdens het leven verworven eigenschappen de genetische eigenschappen niet veranderen. Milieufactoren kunnen wel het langdurig aan- en uitzetten van genen beïnvloeden (epigenetica). Deze veranderingen in genexpressie kunnen ook worden overgeërfd, maar zijn omkeerbaar als de milieumomstandigheden veranderen. De genetische eigenschappen van de soort veranderen er niet door.

De evolutietheorie van De Lamarck is vervolgens door verschillende onderzoekers verder ontwikkeld. De bekendste van hen is Charles Darwin, wiens boek *On the origin of species* in 1859 de definitieve doorbraak van de evolutietheorie betekende. Zijn ideeën zijn later door andere onderzoekers uitgewerkt. Darwin werd door veel tijdgenoten belachelijk gemaakt vanwege zijn ideeën, vooral vanwege het idee dat de mens afstamt van de aap (zie afbeelding 23). De grondgedachten van Darwin zijn terug te vinden in de huidige evolutietheorie: de **neodarwinistische evolutietheorie** of het **neodarwinisme**.

ONTSTAANTHEORIE: CREATIONISME

Naast de evolutietheorie bestaat de ontstaanstheorie van het creationisme. Creationisten baseren zich op de uitleg van de Bijbel, Koran of Thora, waarin staat beschreven hoe de aarde en alle organismen zijn geschapen. Sommige stromingen binnen het creationisme combineren evolutie en schepping. Een voorbeeld daarvan is intelligent design. Deze stroming ontkent niet dat er een bepaalde vorm van evolutie is, maar gaat ervan uit dat het ontstaan van organismen niet alleen door genetische veranderingen kan worden verklaard. Sommige organen, zoals het oog, zijn zo ingewikkeld gebouwd dat er volgens hen wel een intelligente schepper bij betrokken moet zijn.

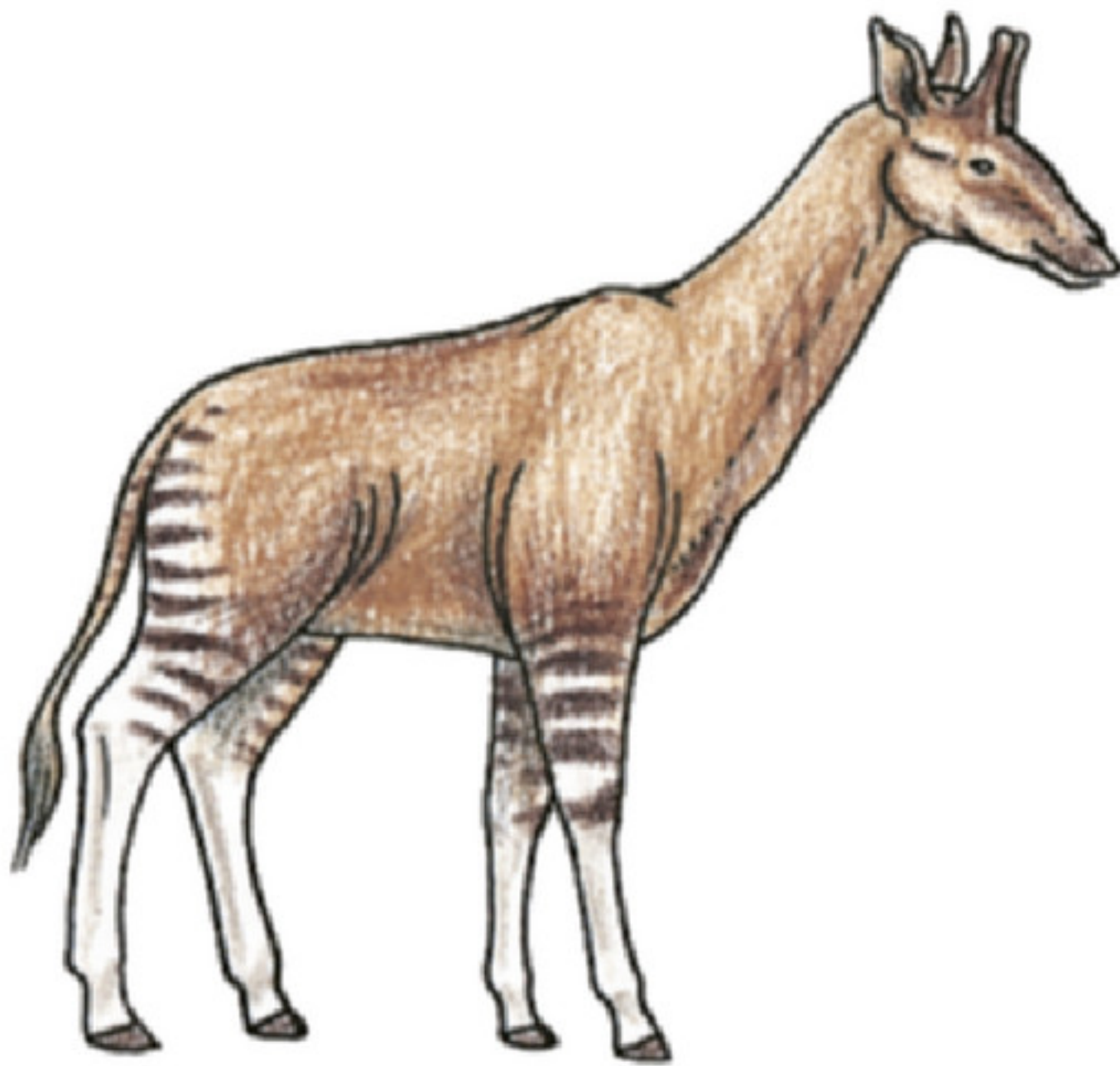
DE NEODARWINISTISCHE EVOLUTIETHEORIE

De evolutietheorie verklaart hoe de erfelijke eigenschappen van populaties kunnen veranderen, waardoor uiteindelijk zelfs nieuwe soorten kunnen ontstaan. Evolutie vindt plaats doordat vooral de organismen binnen een populatie die het

best zijn aangepast aan de leefomgeving, hun genen doorgeven aan de volgende generaties. Dit verschijnsel heet **natuurlijke selectie** of **survival of the fittest**. Natuurlijke selectie is mogelijk doordat de organismen van een populatie een grote **genetische variatie** of verscheidenheid in genotypen hebben. Die variatie is het gevolg van recombinatie en mutaties. Recombinatie (het herverdelen van erfelijke eigenschappen) vindt plaats via meiose en geslachtelijke voortplanting. Hierdoor ontstaat bij bevruchting een nieuw genotype. **Mutaties** zijn veranderingen in de genen, die bijvoorbeeld kunnen plaatsvinden door 'foutjes' tijdens replicatie van chromosomen of onder invloed van straling of mutagene stoffen. Gemuteerde genen kunnen in voortplantingscellen terechtkomen. Door recombinatie en mutatie ontstaan verschillen in genotype en in fenotype. Door natuurlijke selectie hebben organismen met een slecht aangepast fenotype een kleinere **overlevingskans**. Goed aan het milieu aangepaste organismen hebben meer overlevingskans en daardoor meer kans om nakomelingen te krijgen en hun genen door te geven. Genetische variatie en natuurlijke selectie leiden ertoe dat de erfelijke eigenschappen van populaties kunnen veranderen.

Bij de voorouders van giraffen bijvoorbeeld kunnen mutaties een variatie in de nek lengte hebben veroorzaakt. Een mutant (een organisme met een bepaalde mutatie die in het fenotype tot uiting komt) met een iets langere nek kan dan in het voordeel zijn, doordat hij meer bladeren van de bomen kan eten. Bij concurrentie om voedsel heeft de mutant een grotere overlevingskans dan giraffen met de oorspronkelijke nek lengte. Door een opeenvolging van mutaties, recombinatie en natuurlijke selectie zouden dan de huidige giraffen met lange hals zijn ontstaan (zie afbeelding 24).

▼ **Afb. 24** De evolutie van giraffen.



1 reconstructie van een voorouder van de giraffe



2 giraffe



3 okapi, de enige huidige verwant van de giraffe

Door het optreden van recombinatie en mutaties wordt de genetische variatie binnen een populatie groter. De selectiedruk bepaalt wat er met de verschillende genotypen en fenotypen in een populatie gebeurt. **Selectiedruk** is de invloed van milieufactoren op de genetische variatie in een populatie. Is de selectiedruk laag, dan blijven veel verschillende varianten in leven. Als er boombladeren in overvloed zijn, zullen ook de giraffen met de oorspronkelijke nek lengte in leven blijven en zich voortplanten. Maar als de selectiedruk hoog is, bijvoorbeeld in een droog jaar, zullen individuen met de oorspronkelijke nek lengte eerder sterven door voedselgebrek. De best aangepaste individuen (in dit geval de giraffen met de langste nek) hebben een grotere kans op meer nakomelingen. Dit zijn de dieren

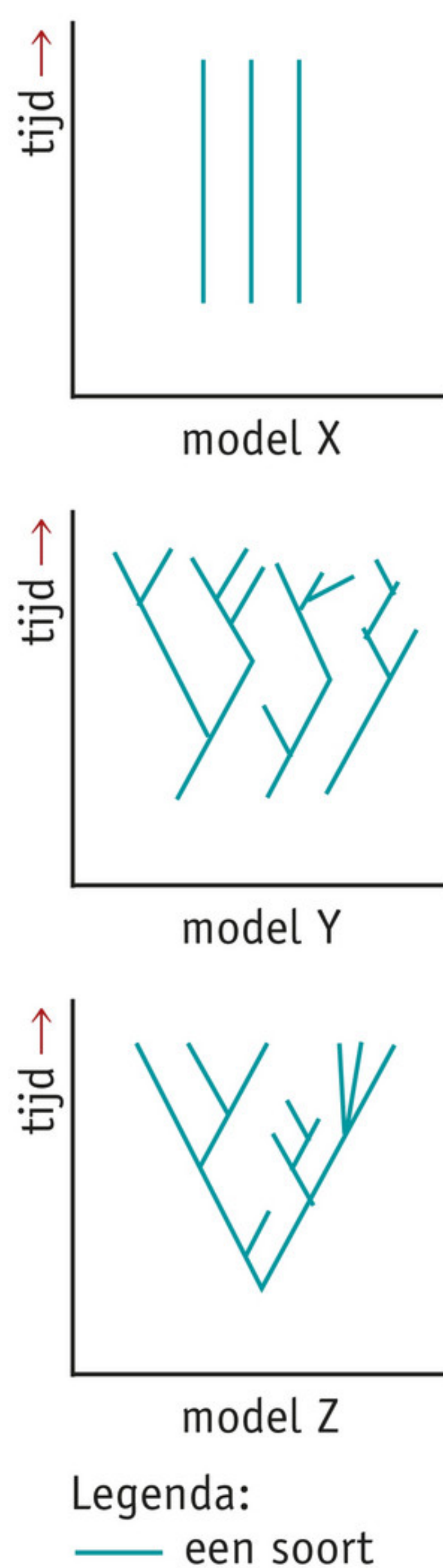
met de grootste **fitness**. Onder de nakomelingen komt dan het genotype voor een langere nek vaker voor. De soort is dan geëvolueerd.

Bij een grote genetische variatie is de kans groot dat enkele individuen een genotype bezitten dat een goede **adaptatie** (aanpassing) van de populatie aan nieuwe milieuomstandigheden mogelijk maakt. Bij een besmetting van de populatie met een onbekende ziekteverwekker bijvoorbeeld, is de kans groot dat enkele individuen de genen bezitten die een goede afweer mogelijk maken. Zij zorgen voor het voortbestaan van de populatie. Een populatie met een grotere genetische diversiteit heeft dus een grotere overlevingskans.

► PRACTICUMOPDRACHT 4

opdrachten

▼ Afb. 25 Drie theorieën.



- 39 Drie theorieën over de geschiedenis van het leven zijn:
- het evolutiemodel: deze theorie stelt dat soorten een gemeenschappelijke oorsprong hebben en in de loop van de tijd veranderen;
 - het polyfyliemodell: deze theorie stelt dat organismen die behoren tot verschillende families, een verschillende oorsprong hebben en dat soorten die behoren tot dezelfde familie, een gemeenschappelijke oorsprong hebben;
 - het gescheiden creatiemodel: deze theorie stelt dat soorten elk een verschillende oorsprong hebben en in de loop van de tijd niet veranderen.

In afbeelding 25 zijn deze drie theorieën in modellen weergegeven. Elk model geeft de ontwikkeling weer van een of enkele soorten in de loop van de tijd.

Geef van elk model aan welke theorie het weergeeft.

- 40 Wat is het voordeel van een grote verscheidenheid aan genotypen binnen een populatie?
- 41 Wat is fitness?
- 42 Welke diersoort is in de voedselkeuze het meest veranderd ten opzichte van de gemeenschappelijke voorouder: de giraffe of de okapi (zie afbeelding 24)?
- 43 Bij sommige diersoorten komt camouflage voor. De huid of het pantser heeft dan een schutkleur (zie afbeelding 26). In een populatie dieren met schutkleur komen regelmatig mutanten voor met afwijkende kleuren.
- a Zullen deze mutanten een grotere of een kleinere overlevingskans hebben dan dieren met schutkleur, als het milieu onveranderd blijft?
 - b Voor het voortbestaan van de soort is het toch van belang dat er regelmatig mutanten met afwijkende kleuren voor blijven komen. Leg dat uit.
- 44 In een mindmap geef je met lijnen of pijlen de relaties aan tussen een aantal begrippen. Pijlen geven oorzaak en gevolg aan tussen begrippen. Maak een mindmap met pijlen met de volgende begrippen: *fitness* – *genetische variatie* – *mutatie* – *recombinatie* – *selectiedruk* – *survival of the fittest*.

▼ Afb. 26 Een voorbeeld van camouflage.



wandelend blad

CONTEXT

Leefwereld

Darwins innerlijke strijd

Charles Darwin groeide op in het begin van de negentiende eeuw. In deze tijd geloofden de meeste mensen dat soorten zijn geschapen. Met *On the origin of species* kwam Darwin definitief met een wetenschappelijke verklaring voor het ontstaan van soorten. Aan die publicatie ging een innerlijke strijd vooraf. Darwins vader was atheïst en zijn moeder strenggelovig. Charles brak zijn studie geneeskunde af en volgde een studie tot geestelijke. Vóór zijn priesterwijding monsterde Darwin aan op het schip de *Beagle* (zie afbeelding 27). Hij reisde tussen zijn 22e en 27e jaar om de wereld. Dit was in feite een geologische en biologische studiereis. In 1839 trouwde hij met de zeer gelovige Emma. Zij was bang dat Charles niet in de hemel zou komen als hij niet meer geloofde. Het overlijden van twee van hun kinderen, Annie (in 1851) en Charles (in 1858), betekende voor Darwin een definitief einde aan zijn geloof in een goede schepper. In de natuur heerst immers de meedogenloze strijd om te overleven. In 1859 kwam het boek met zijn evolutietheorie uit.

Naar: Pieter Gorissen, *Charles Darwins 'struggle for faith'*.

► **Afb. 27** Darwin ging aan boord van de *Beagle* toen hij 22 jaar was.



opdrachten

- 45 Leg het verschil uit tussen het creationisme en de evolutietheorie.
- 46 **a** Verklaar de innerlijke strijd van Darwin.
b Welke persoonlijke gebeurtenissen waren een bevestiging van zijn evolutietheorie en verminderden Darwins geloof in een schepper?
- 47 Darwin was pas 22 jaar toen hij aanmonsterde op de *Beagle*.
a Zoek op internet op welke werelddelen en welke landen Darwin op zijn reis bezocht.
b Hoe zouden je ouders reageren als jij met je 22e een reis om de wereld ging maken op een houten zeilschip?

Leerdoel

- Je kent enkele onderzoeksmethoden naar verwantschap.
- Je kunt verschillen en overeenkomsten herkennen tussen organen en orgaanstelsels van de mens en van verschillende diersoorten.
- Je kunt een stamboom aflezen en construeren.

5 Onderzoek naar evolutie

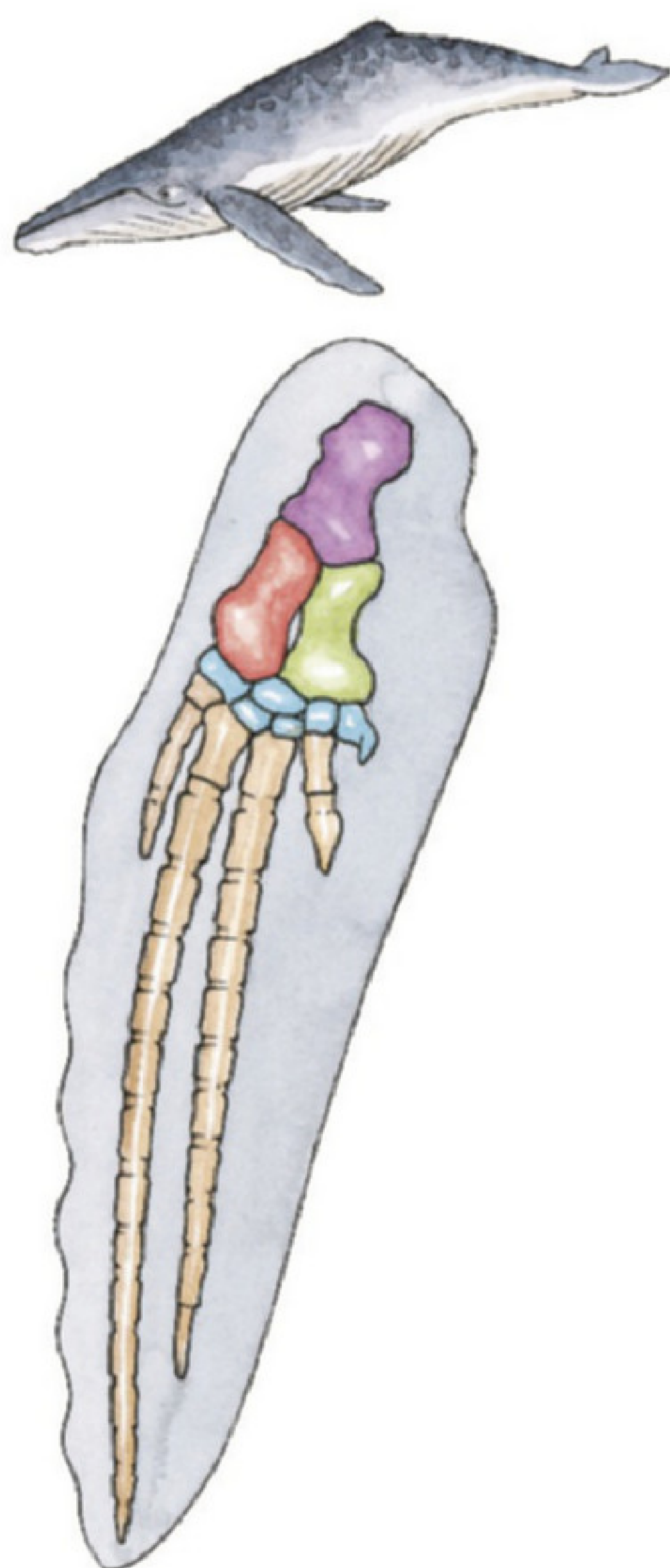
Darwin baseerde zijn evolutietheorie op de vergelijking van uiterlijke kenmerken van levende organismen en fossielen. Overeenkomsten kunnen duiden op gemeenschappelijke afstamming (verwantschap). Verschillen kunnen duiden op ontwikkeling. Biochemisch onderzoek geeft uitsluitsel over verwantschap en ontwikkeling.

ANATOMIE EN VERWANTSCHAP

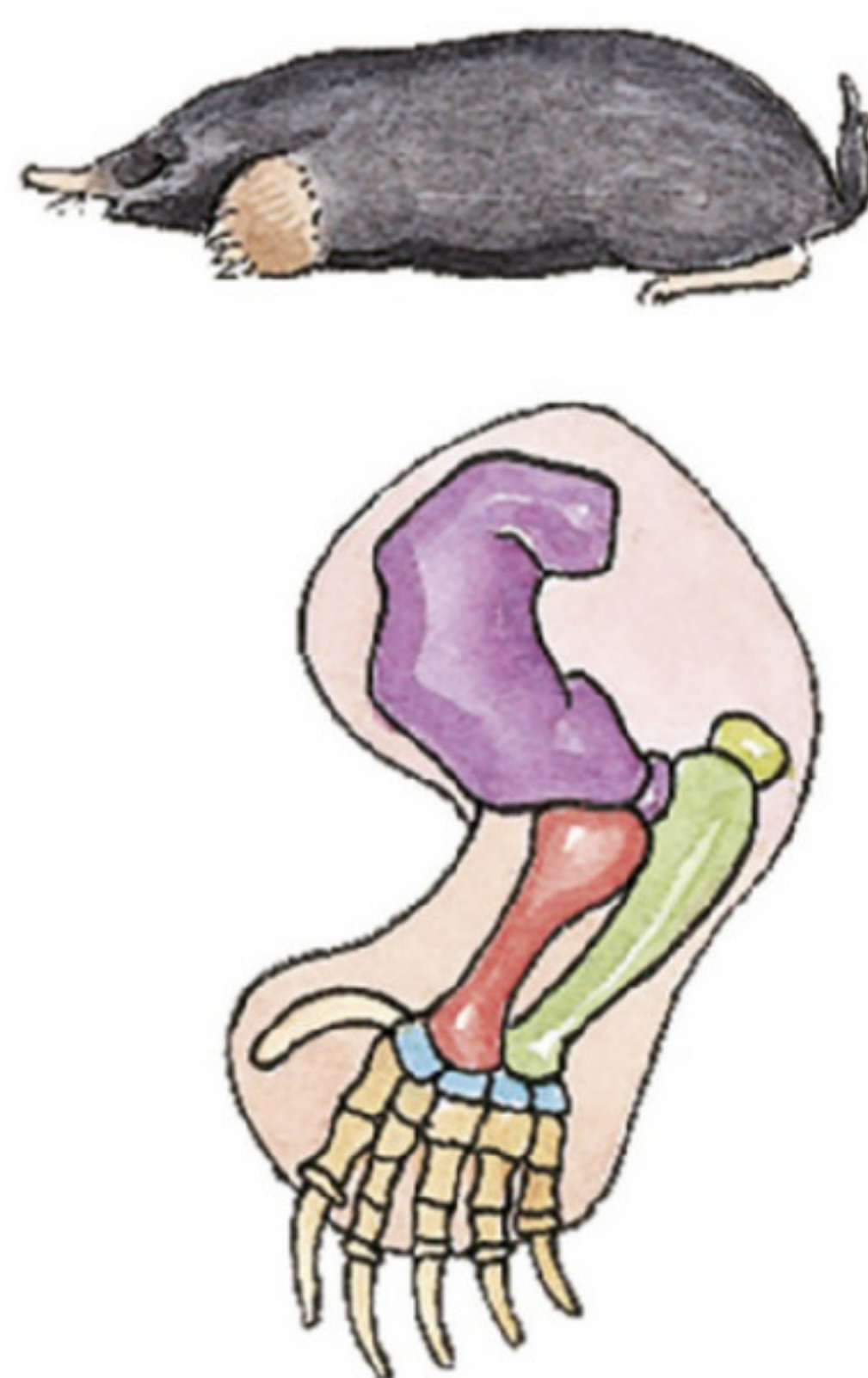
Bij vergelijking van de **anatomie**, de bouw en functie van het organisme en de delen ervan, mag je geen overhaaste conclusies trekken over verwantschap. De vleugel van een vleermuis, de voorvin van een walvis, de voorpoot van een mol en de arm van een mens lijken bijvoorbeeld erg verschillend, maar hebben hetzelfde bouwplan. Deze organen zijn **homoloog** (zie afbeelding 28). Homologe organen zijn ontstaan uit dezelfde grondvorm. Door aanpassing aan verschillende milieus hebben de organen een verschillende functie gekregen. Homologie duidt op verwantschap van organismen.

►► PRACTICUMOPDRACHT 5

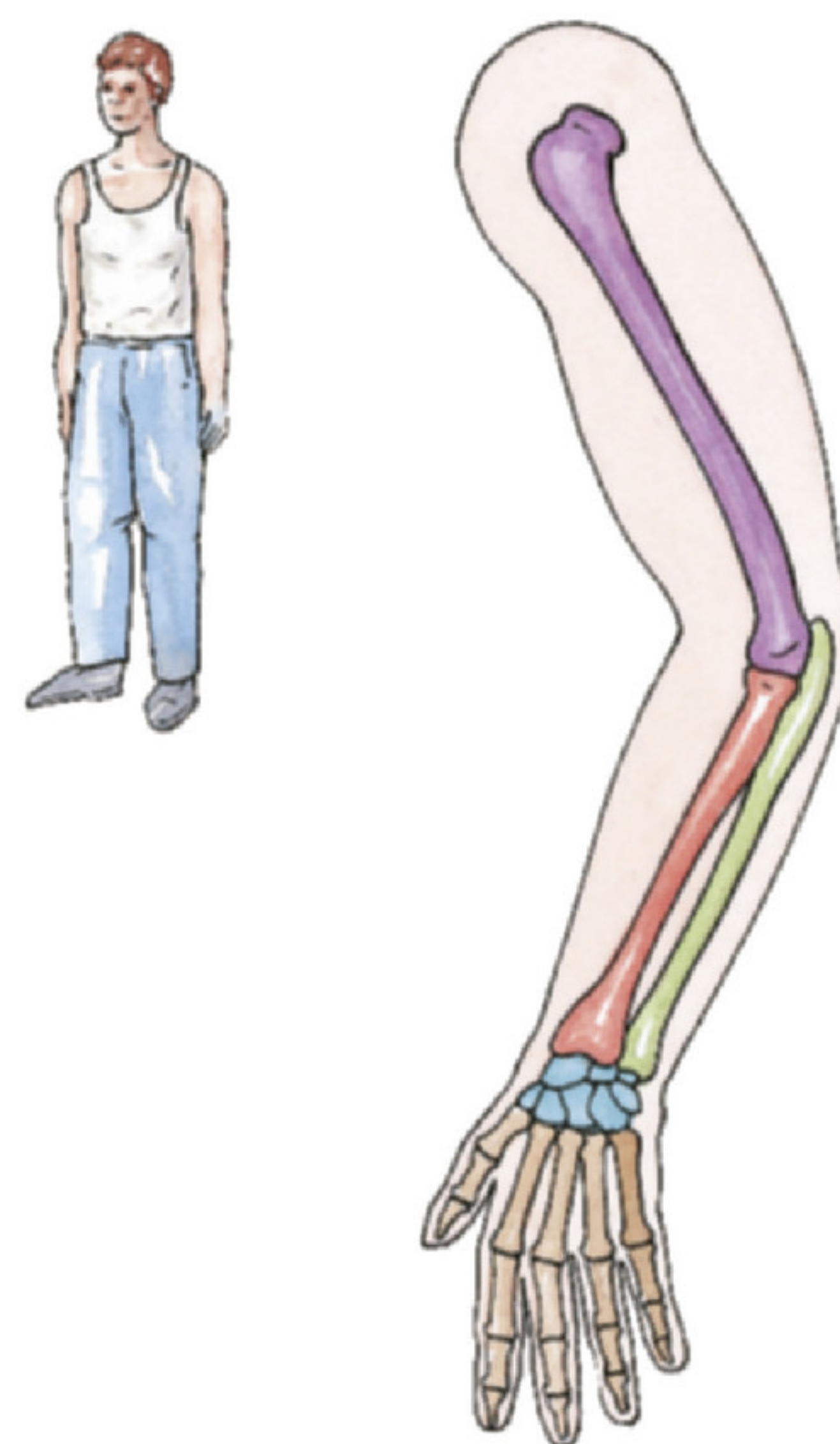
▼ **Afb. 28** Homologe organen bij zoogdieren.



1 de voorvin van een walvis

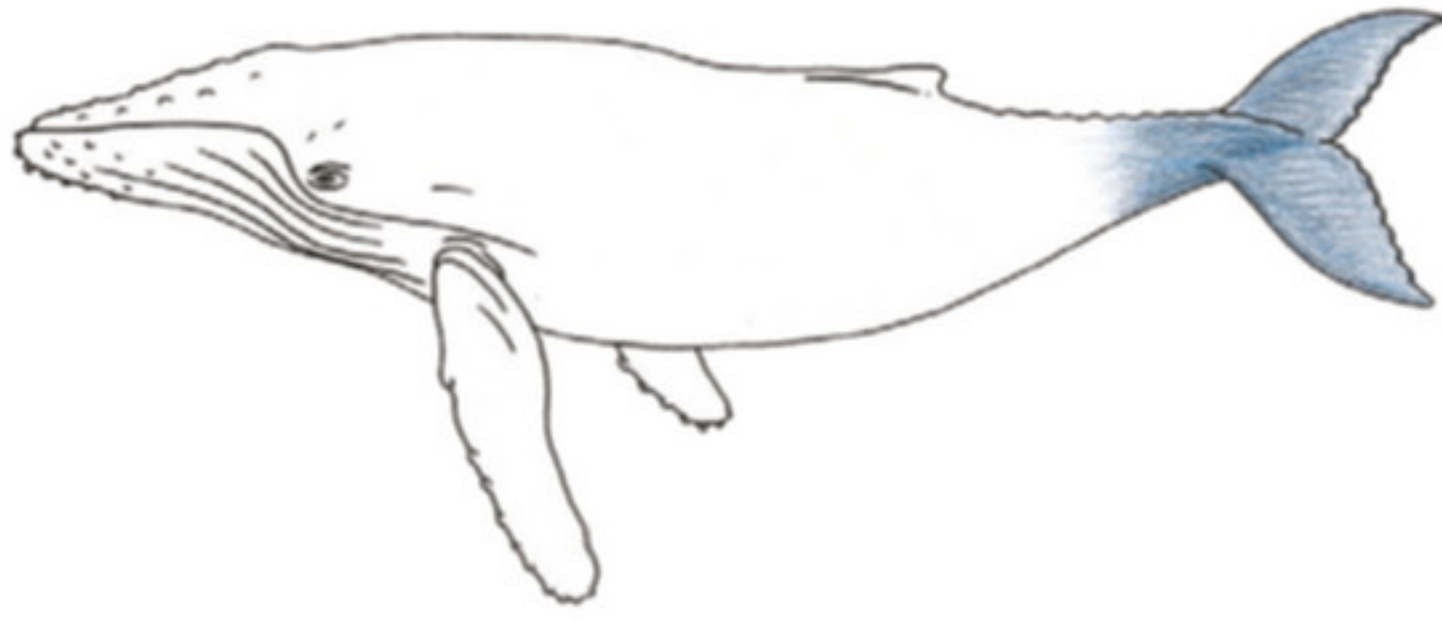


2 de voorpoot van een mol

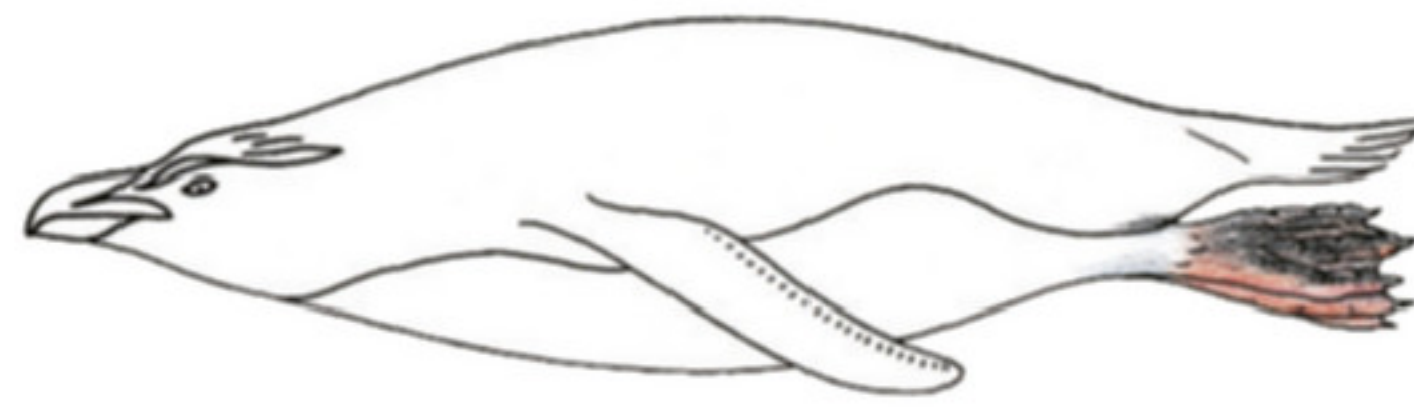


3 de arm van een mens

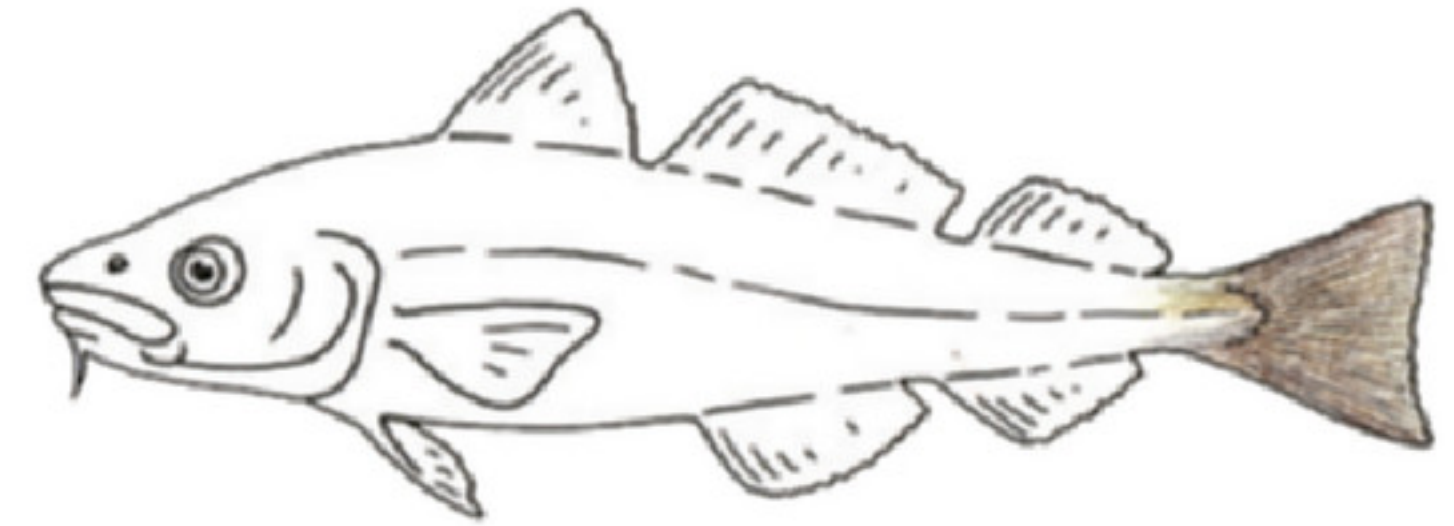
▼ **Afb. 29** Analoge organen binnen de groep gewervelden.



1 de staart van een walvis



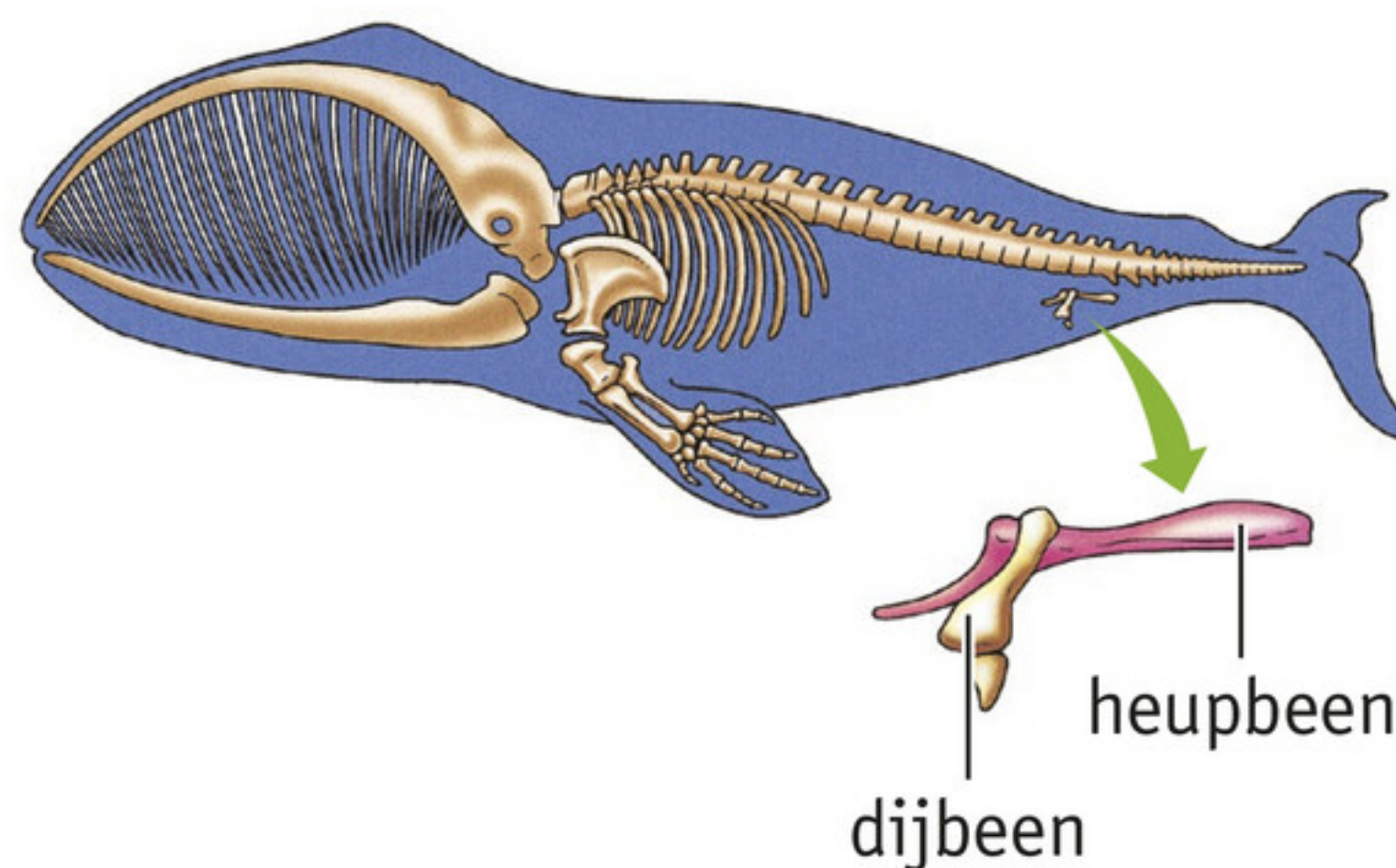
2 de poten met zwemvliezen van een pinguïn



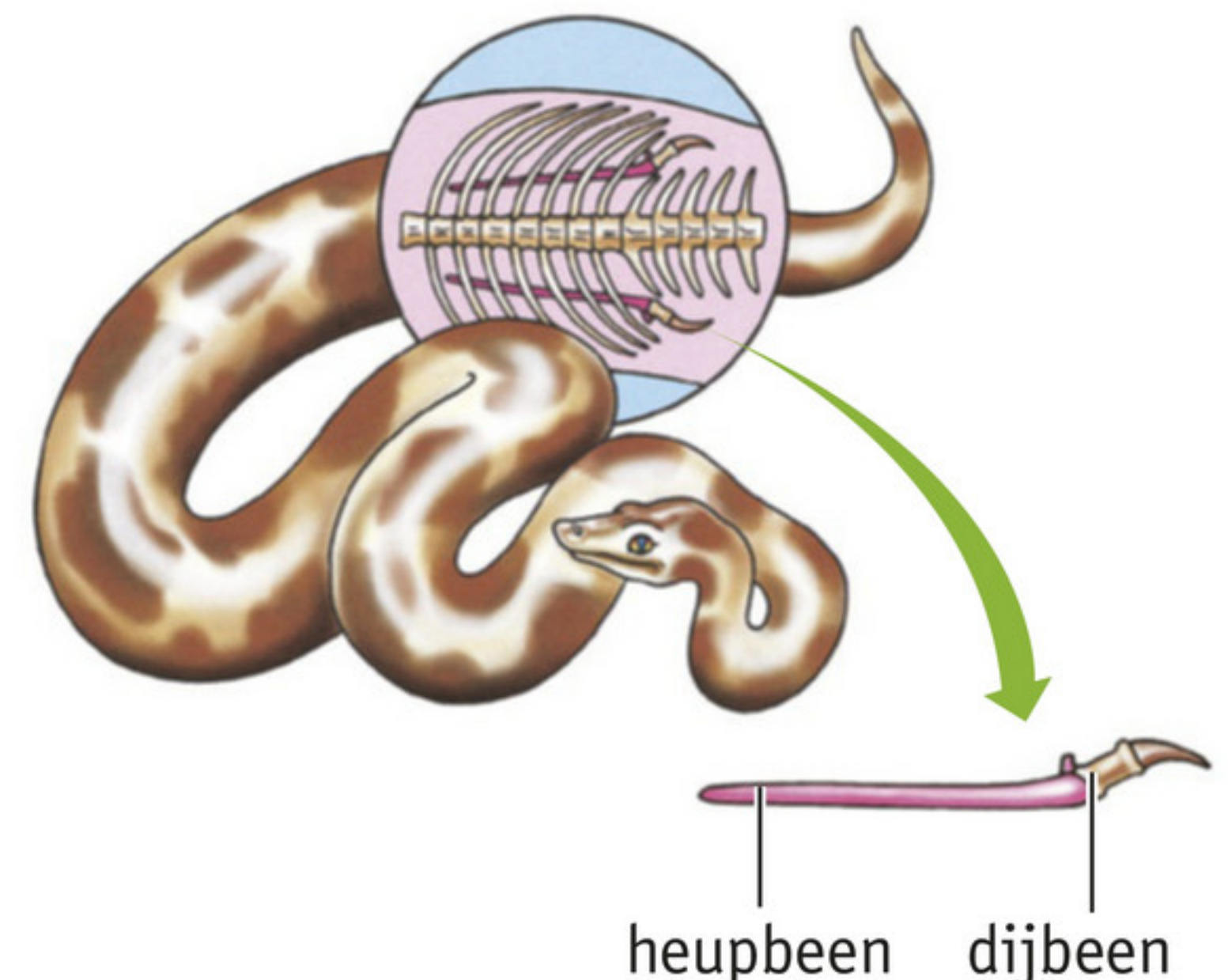
3 de staartvin van een vis

Door aanpassing aan het milieu kunnen organen hun functie verliezen. Je noemt ze dan **rudimentaire organen** of rudimenten. Deze organen kunnen in de loop van de evolutie verdwijnen. Voorbeelden van rudimenten bij dieren zijn het bekken bij een walvis en de pootresten bij sommige reuzenslangen (zie afbeelding 30). Rudimentaire organen ontstaan op dezelfde manier als homologe organen. Ze komen echter niet meer tot ontwikkeling en hebben geen functie meer. Bij mensen zijn de verstandskiezen, het staartbeentje en de blindedarm rudimentair. Door rudimentaire organen wordt het aannemelijk dat verschillende soorten organismen een gemeenschappelijke voorouder hebben.

► **Afb. 30** Rudimenten bij dieren.



1 walvis met rudimentair bekken

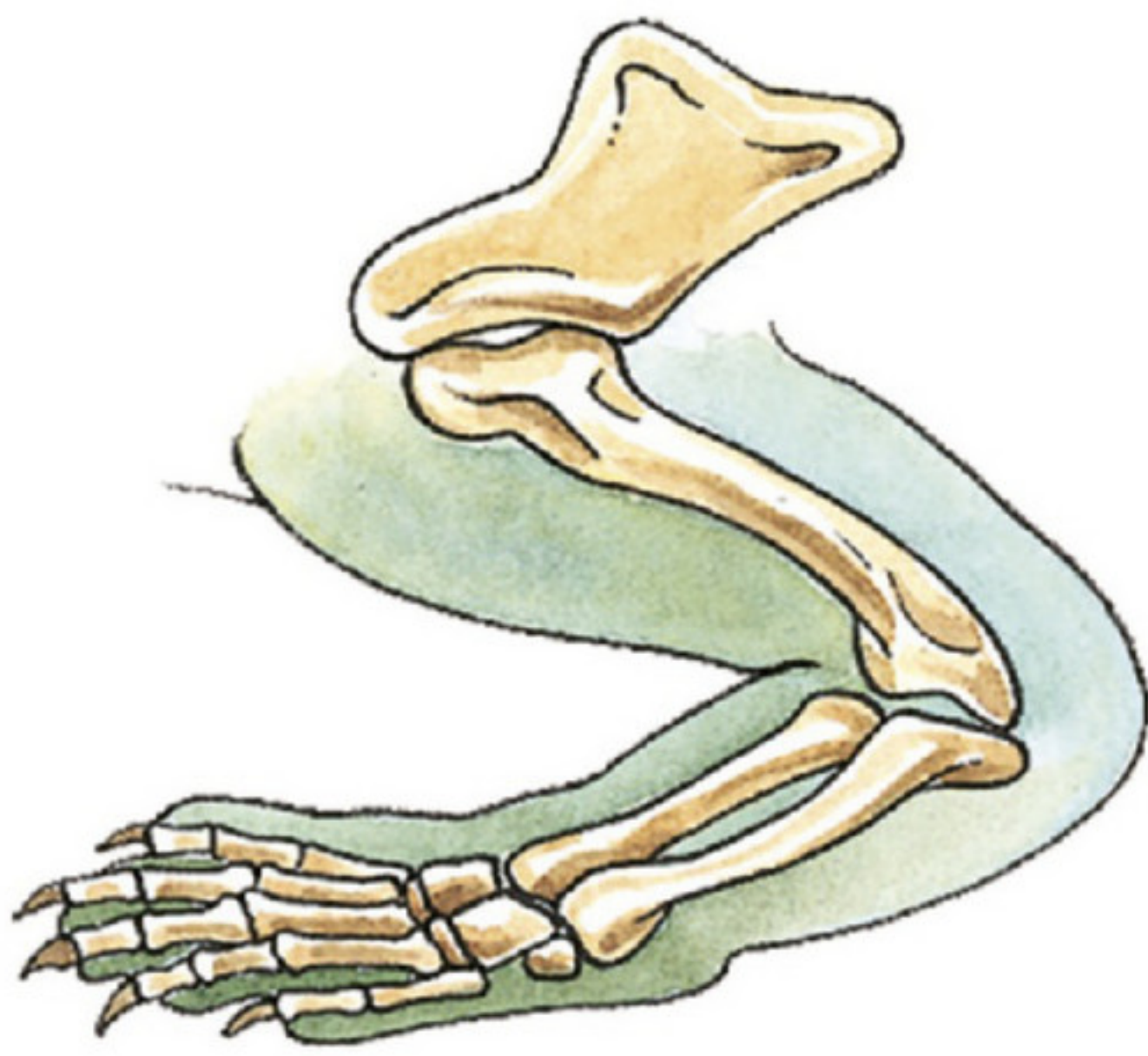


2 python met rudimentaire poten

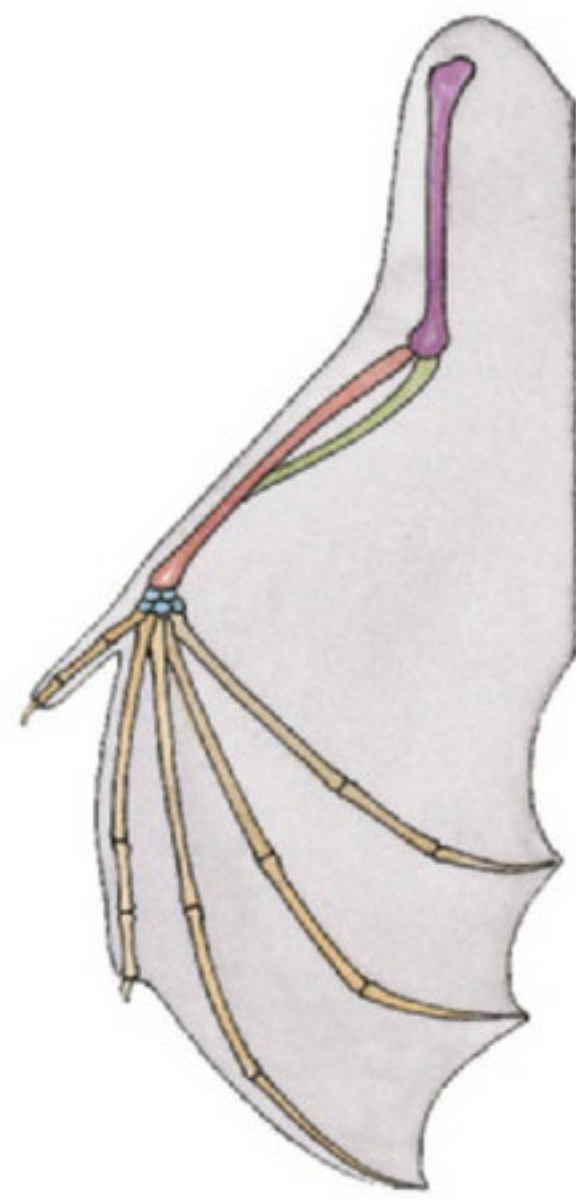
opdrachten

- 48** Noteer de functie van de organen van afbeelding 28. Gebruik hierbij: *graaforgaan* – *grijporgaan* – *stuurorgaan*.
- 49 a** Zijn de voorpoot van een krokodil (zie afbeelding 31.1) en de voorpoot van een mol (zie afbeelding 28.2) homologe of analoge organen? Leg je antwoord uit.
- b** Zijn de vleugel van een vleermuis (zie afbeelding 31.2) en de vleugel van een vlieg (zie afbeelding 31.3) homologe of analoge organen? Leg je antwoord uit.
- c** Zijn de poten van insecten en de poten van zoogdieren homologe of analoge organen? Leg je antwoord uit.

▼ **Afb. 31** Organen van een krokodil, een vleermuis en een vlieg.



1 de voorpoot van een krokodil



2 de vleugel van een vleermuis



3 de vleugel van een vlieg

- 50 a Zullen voorouders van de python wel of geen poten hebben gehad? Leg je antwoord uit.
 b De mens heeft kleine staartwervels.
 Leg uit dat deze staartwervels rudimentaire organen zijn.
- 51 a Welke functie heeft het bekken bij de meeste zoogdieren?
 b Een vis heeft geen bekken.
 Zijn walvissen (zie afbeelding 30) in de evolutie waarschijnlijk ontstaan uit vissen of uit landzoogdieren?

BIOCHEMIE EN VERWANTSCHAP

In een **stamboom** wordt met behulp van verbindingslijnen de verwantschap tussen soorten weergegeven. Darwin en andere onderzoekers baseerden zich bij het construeren van stambomen vrijwel uitsluitend op de vergelijking van fossielen en de bouw van organismen. Begin vorige eeuw werd vergelijking van bloedeiwitten mogelijk. Dit was een van de eerste mogelijkheden voor biochemisch onderzoek naar verwantschap.

In afbeelding 32 is een onderzoek weergegeven naar bloedeiwitten van mensen en enkele apensoorten. Als je ervan uitgaat dat de mens en deze apensoorten een recente gemeenschappelijke voorouder hebben, kun je op basis van de onderzoeksgegevens een stamboom maken. Er zijn dan verschillende mogelijkheden om de verwantschap weer te geven (zie afbeelding 33). Deze twee stambomen zijn vrij willekeurig doordat ze zijn gebaseerd op slechts één gegeven (de hoeveelheid bloedeiwit die *niet* neerslaat). Alleen door aanvullend onderzoek, waarbij ook naar andere biochemische en genetische kenmerken wordt gekeken, is de meest waarschijnlijke stamboom te construeren (zie afbeelding 34).

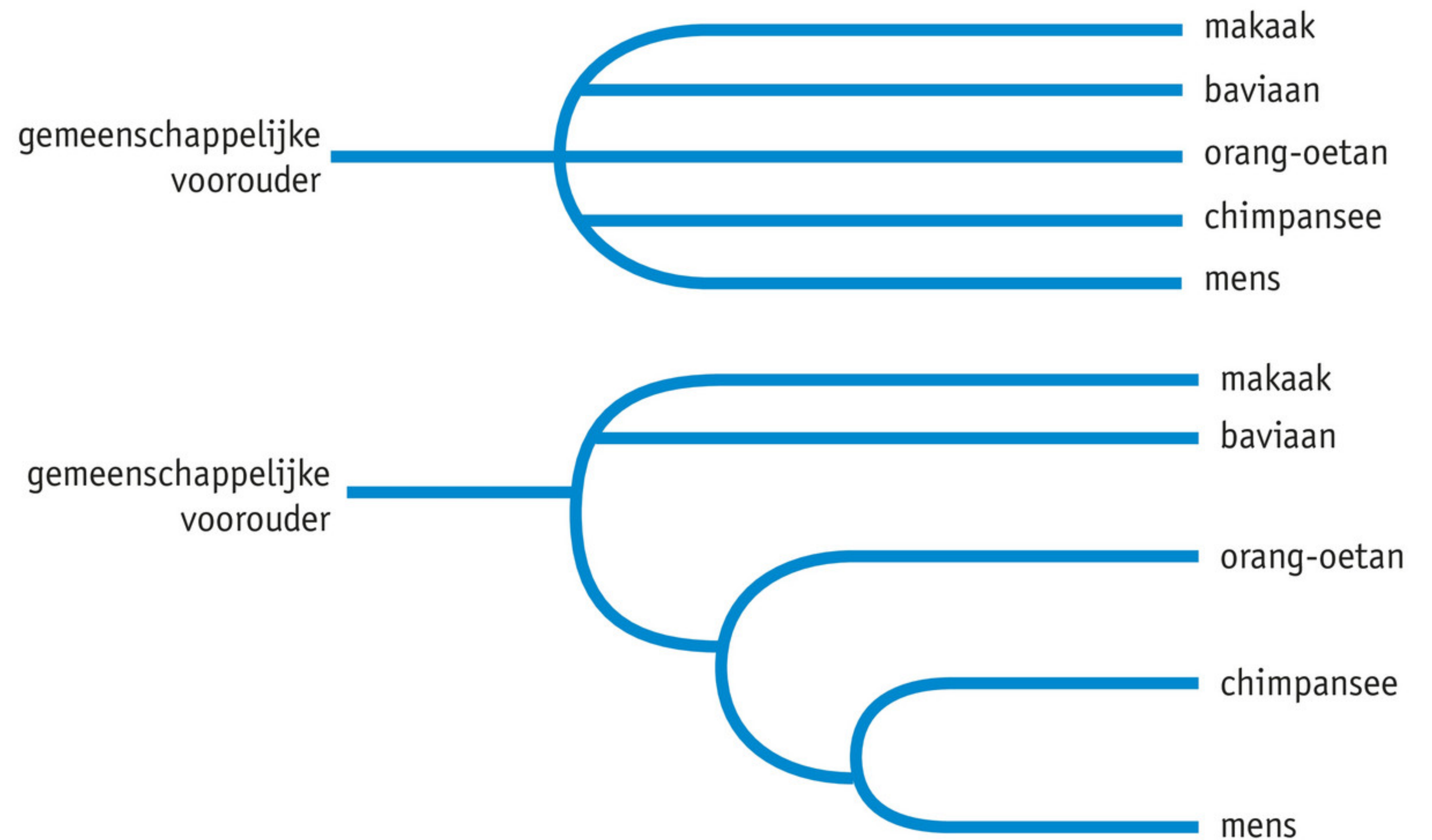
De mogelijkheden voor biochemisch onderzoek naar verwantschap zijn de afgelopen decennia sterk toegenomen. De samenstelling van biochemische stoffen bij organismen kan steeds nauwkeuriger worden bepaald. Hoe meer deze stoffen bij twee soorten organismen overeenkomen, des te groter is de verwantschap. Volgens de stamboom van afbeelding 34 is de chimpansee de primaat die het meest verwant is met de mens. Dat betekent dat de gemeenschappelijke voorouder van de chimpansee en de mens het kortst geleden leefde. De mate van verwantschap tussen twee soorten is dus afhankelijk van het aantal generaties dat heeft geleefd sinds de laatste gemeenschappelijke voorouder leefde.

▼ Afb. 32

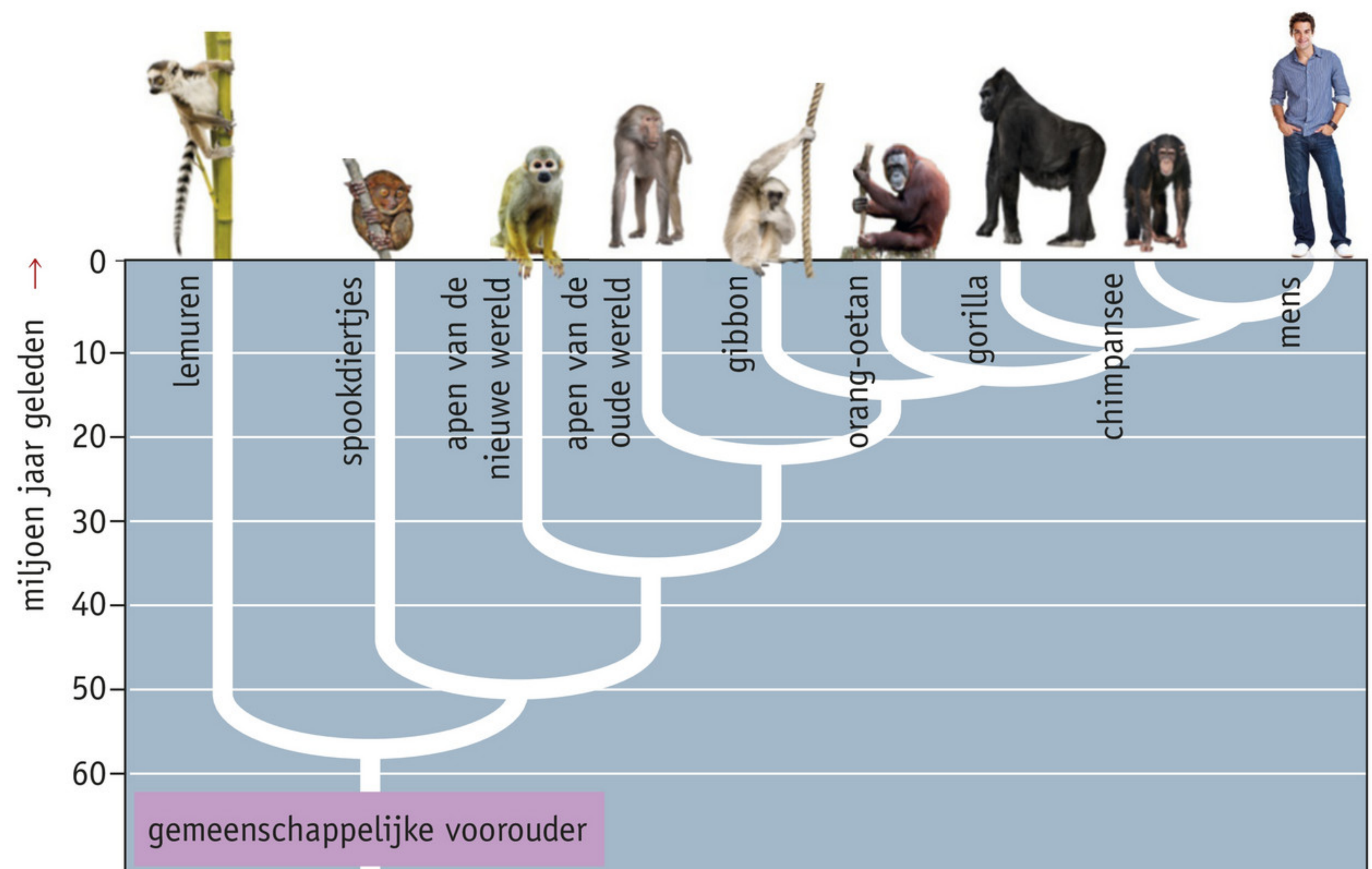
ONDERZOEK		VERWANTSCHAP OP BASIS VAN BLOEDEIWITTEN	
Inleiding	Antistoffen kunnen eiwitten in bloedserum (bloed zonder bloedcellen en stollingseiwit) laten neerslaan. Als menselijke antistoffen gebracht worden bij bloedserum van primaten, ontstaan verschillende percentages eiwitneerslag. De hoeveelheid bloedeiwit die <i>niet</i> neerslaat, is een maat voor de evolutionaire afstand. Bij het gebruik van menselijk bloedserum is de neerslag 100%.		
Onderzoeksvraag			
Hypothese	De bloedeiwitten van de mens komen het meest overeen met de bloedeiwitten van de chimpansee, daarna met die van de orang-oetan en het minst met die van de makaak en de baviaan.		
Experiment	</		

<

- **Afb. 33** Twee hypothetische stambomen van de mens, enkele apensoorten en hun gemeenschappelijke voorouder.



- **Afb. 34** De ontwikkeling van primaten.



opdracht

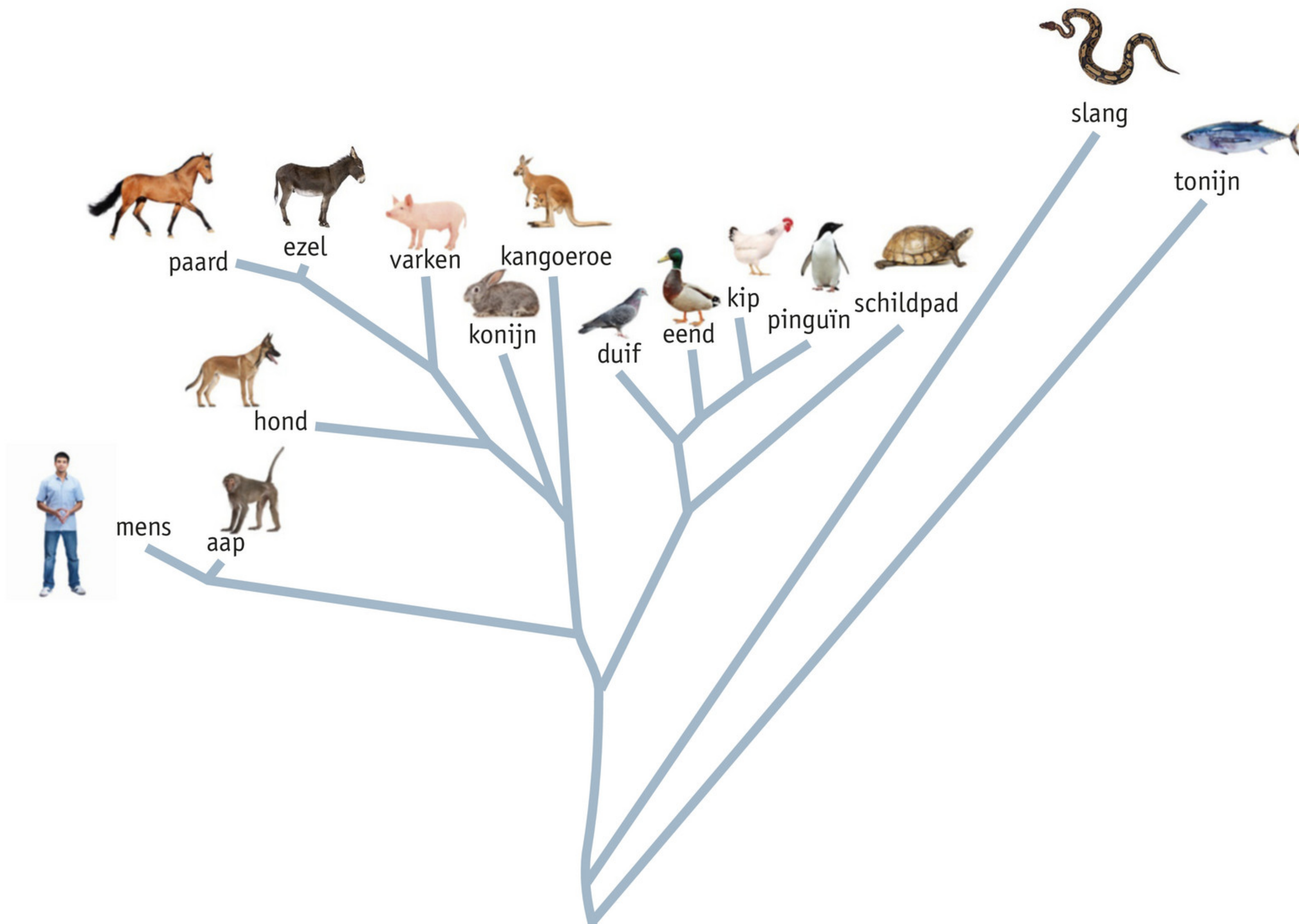
- 52 a Formuleer een onderzoeksvraag bij het onderzoek van afbeelding 32.
b Formuleer een conclusie bij dit onderzoek.

DNA-ANALYSE

Tijdens de ontwikkeling van het leven op aarde zijn allerlei soorten organismen ontstaan. Soorten die een gemeenschappelijke voorouder hebben, vertonen verwantschap. DNA-analyse van de organismen speelt een belangrijke rol bij het bepalen van de mate van de verwantschap. Bij **DNA-analyse** wordt de specifieke nucleotidenvolgorde van DNA (de DNA-sequentie) bepaald. Door DNA van twee of meer verschillende soorten organismen met elkaar te vergelijken, kan de **afstamming** van een soort worden bepaald. Hoe meer de DNA-sequenties overeenkomen, hoe groter de verwantschap. De verwantschap kan in een **evolutionaire stamboom** worden weergegeven met behulp van verbindingslijnen tussen de verschillende soorten (zie afbeelding 35). Bij elke splitsing zijn nieuwe

soorten ontstaan, die een gemeenschappelijke voorouder hebben. Hoe verder naar links, hoe langer geleden. En hoe langer geleden de gemeenschappelijke voorouder leefde, hoe kleiner de verwantschap. De volgorde van de organismen van boven naar beneden vertegenwoordigt niet de volgorde van ontstaan.

▼ **Afb. 35** Stamboom van gewervelde dieren.

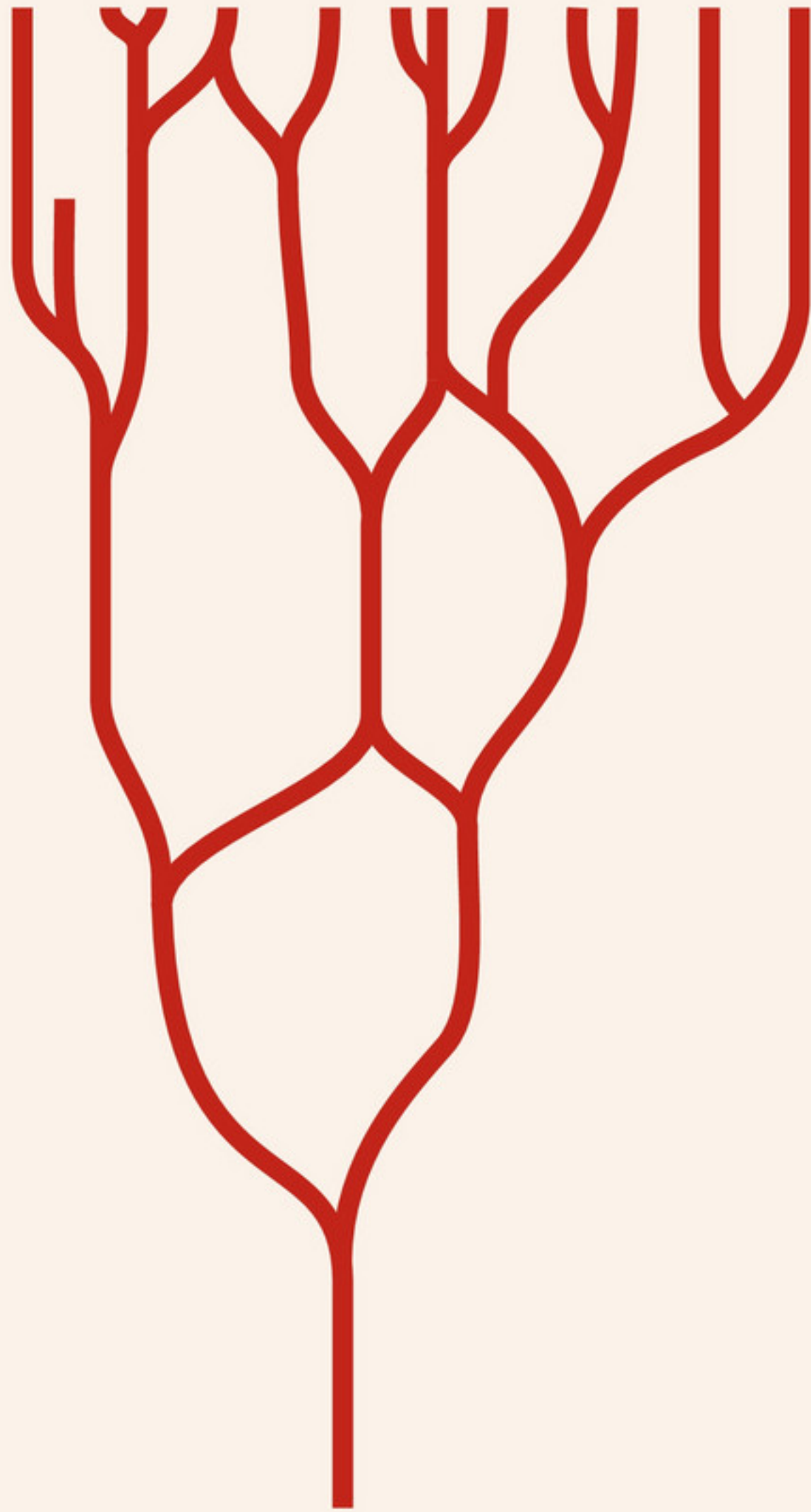


opdrachten

- 53** Om de mate van verwantschap tussen twee soorten te bepalen, kun je kijken naar de tijd die is verstreken sinds de laatste gemeenschappelijke voorouder. Je kunt ook kijken naar het aantal generaties dat sindsdien heeft geleefd. Welke van de twee manieren is de beste? Leg je antwoord uit.
- 54 a** Bekijk afbeelding 35. Welk zoogdier is het meest verwant met het paard: de hond of het varken? Leg je antwoord uit.
- b** Uit welke klasse van de gewervelden hebben de vogels zich volgens deze stamboom ontwikkeld?
- 55** Het pantoffeldiertje werd lange tijd tot het dierenrijk gerekend, omdat het niet in staat is tot fotosynthese. Op grond van biochemisch onderzoek wordt het pantoffeldiertje nu ingedeeld bij de fotosynthetiserende algen. Wat betekent dit voor de voorouders van het pantoffeldiertje, als je ervan uitgaat dat de groep fotosynthetiserende algen een gemeenschappelijke voorouder heeft?

Netwerkende genen

▼ **Afb. 36** Netwerk van het leven.



Traditionele stambomen gaan ervan uit dat soorten hun genen meekrijgen van eerdere generaties. Er zijn steeds meer aanwijzingen dat ook horizontale genoverdracht een rol speelt. Naar schatting 81% van de genen van prokaryoten zijn in de evolutionaire geschiedenis ooit horizontaal overgedragen.

Er lijkt eerder sprake te zijn van een verwantschapsnetwerk zoals in afbeelding 36, dan van een vertakkende boom. Bacteriën en archaea kunnen bijvoorbeeld vrij gemakkelijk genen met elkaar uitwisselen. Zeeslakken van het geslacht *Elysia* hebben genetisch materiaal van chloroplasten overgenomen in hun eigen DNA. Ook virussen kunnen genetisch materiaal overbrengen. Bij mensen is naar schatting 8 tot 50% van het DNA van virale herkomst. Die ‘vreemde’ genen erven vervolgens wel gewoon over. Systematici en taxonomen letten bij de indeling vooral op genen die een rol spelen bij soortkenmerken als uiterlijke vorm, voortplanting en ontwikkelingsbiologie. Op die manier voorkomen ze dat soorten via DNA-vergelijking verkeerd worden ingedeeld. Naar: Gert van Maanen, Levensboom wordt steeds dynamischer, *Bionieuws* 21, 12–12–2009.

opdracht

- 56 **a** Hoe kan een virus genetisch materiaal overbrengen in een cel?
- b** Herkauwers en slangen hebben beide het genetische element Bov-B LINE (long interspersed nuclear element) in hun DNA. Welke conclusie over verwantschap zou je trekken als je alleen naar dit DNA-element zou kijken?

Leerdoel

- Je kunt beschrijven hoe de genetische eigenschappen van een populatie kunnen veranderen.

▼ **Afb. 37** Verschillende soorten.1 Indische olifant (*Elephas maximus*)2 Afrikaanse olifant (*Loxodonta africana*)► **Afb. 39** Een muilezel.

6 Evolutie in populaties

Volgens de evolutietheorie kunnen de erfelijke eigenschappen van soorten en populaties veranderen onder invloed van het milieu. Als dat zo is, moet die verandering in een populatie ook op microniveau zichtbaar zijn.

SOORT EN POPULATIE

Organismen die veel op elkaar lijken, hoeven niet tot dezelfde soort te behoren. Een Indische en een Afrikaanse olifant bijvoorbeeld behoren tot verschillende soorten (zie afbeelding 37). Een sint-bernardshond en een dwergpoedel lijken op het eerste gezicht veel minder op elkaar, maar worden wel tot dezelfde soort gerekend (zie afbeelding 38). Het zijn twee verschillende rassen van de soort hond.

▼ **Afb. 38** Dezelfde soort: links een sint-bernardshond (*Canis familiaris*), rechts een dwergpoedel (*Canis familiaris*).

Een veelgebruikte omschrijving van een soort is: organismen behoren tot dezelfde soort als ze in staat zijn zich onderling voort te planten en daarbij vruchtbare nakomelingen voort te brengen. De voortplanting moet onder natuurlijke omstandigheden plaatsvinden. Deze omschrijving van het begrip soort voldoet in de meeste gevallen. Een Indische en een Afrikaanse olifant bijvoorbeeld, kunnen bij kruising geen vruchtbare nakomelingen voortbrengen.

Maar er zijn twijfelgevallen. Soms is slechts een deel van de nakomelingen vruchtbaar en een ander deel onvruchtbaar. Als bijvoorbeeld een paard met een ezel wordt gekruist, ontstaat een muildier (als de moeder een paard is) of een muilezel (als de moeder een ezel is, zie afbeelding 39). Vrouwelijke muildieren of muilezels zijn vruchtbaar, maar mannelijke muildieren of muilezels zijn onvruchtbaar. Een sint-bernardshond en een dwergpoedel verschillen te veel in grootte om zich op natuurlijke wijze voort te kunnen planten.



Een soort bestaat uit een of meer populaties. Een **populatie** bestaat uit een groep individuen van dezelfde soort. Ze leven in een bepaald gebied en planten zich onderling voort. Populaties van dezelfde soort kunnen door natuurlijke barrières van elkaar zijn gescheiden bijvoorbeeld door een bergkam, een rivier of een zee. Bij geslachtelijke voortplanting tussen individuen in een populatie vindt uitwisseling van genen plaats. Tussen verschillende populaties vindt alleen in bijzondere gevallen uitwisseling van genen plaats. Bijvoorbeeld als er individuen uit een populatie wegtrekken naar een andere populatie of als een natuurlijke barrière tussen twee populaties wegvalt waardoor één populatie ontstaat. De meeste soorten bestaan uit zeer veel populaties. Een betere omschrijving van het begrip **soort** is dan ook: de grootste verzameling van populaties waartussen uitwisseling van genen plaatsvindt of kan plaatsvinden. Een sint-bernardshond en een dwergpoedel kunnen paren met honden van tussenliggende grootte. De nakomelingen van deze kruisingen kunnen op hun beurt paren met sint-bernardshonden en dwergpoedels. Zo kunnen de genen van beide hondenrassen op een natuurlijke wijze worden uitgewisseld. Bij een paard en een ezel daarentegen blijft de uitwisseling van genen beperkt tot één generatie.

opdrachten

▼ Afb. 40 Dezelfde soort?



1 pony



2 paard

- 57 a Leg uit dat de definitie van het begrip soort in de praktijk vaak niet eenduidig is.
 b Kun je de bevolking van Nederland beschouwen als een populatie? Leg je antwoord uit.
 c Waarom worden een pony en een paard tot dezelfde soort gerekend, hoewel ze niet in staat zijn zich op een natuurlijke wijze samen voort te planten (zie afbeelding 40)?
- 58 Is de uitwisseling van genen tussen populaties van *Homo sapiens* in de laatste honderd jaar toegenomen of afgenomen? Leg je antwoord uit.
- 59 Leg uit op welk probleem een systematicus stuit bij het ordenen van fossiele organismen.

CONSTANTE ALLELFREQUENTIES

In een populatie komen veel verschillende genotypen voor. De verzameling van alle genen in een populatie is de **genenpool** van die populatie. De omvang van de genenpool is een maat voor de genetische variatie in een populatie. Als in een populatie van een bepaald gen maar één allel voorkomt, kan er geen natuurlijke selectie met betrekking tot dit allel plaatsvinden. De allelfrequentie (of genfrequentie) geeft aan hoe vaak een allel in de populatie voorkomt. Als er geen enkele vorm van selectiedruk optreedt, worden de allelen op een willekeurige manier doorgegeven aan de nakomelingen. De kans dat een bepaald allel wordt doorgegeven aan de volgende generatie is in dat geval alleen afhankelijk van de allelfrequentie in de voorafgaande generatie. Binnen een (grote) populatie blijven de allelfrequenties door de generaties heen dan constant.

▼ **Afb. 41** Verdeling van bloedgroepen onder de bevolking in Nederland.

Bloedgroep	Percentage
o (nul)	47
A	42
B	8
AB	3

In afbeelding 41 zie je bijvoorbeeld de verdeling van bloedgroepen over de Nederlandse bevolking. Er is geen verschil in overlevingskans tussen mensen met verschillende bloedgroepen en de bloedgroep speelt geen rol bij de partnerkeuze. Daardoor bepaalt het toeval welke allelen voor de bloedgroep worden doorgegeven aan de volgende generatie. De kans dat het allel dat het fenotype bloedgroep A bepaalt wordt doorgegeven, is dan groter dan de kans voor het allel dat het fenotype bloedgroep B bepaalt. Ook in de volgende generatie zal bloedgroep A dus vaker voorkomen.

VERANDERENDE ALLELFREQUENTIES

Als er geen beïnvloedende factoren zijn, blijft in een populatie de allelfrequentie van een bepaald allel constant. Verschillende allelen van een gen kunnen echter leiden tot verschillen in overlevingskans voor het individu. Door mutaties kunnen nieuwe allelen van een gen ontstaan. Een gemuteerd allel dat dominant is, komt direct in het fenotype tot uiting. Van een gemuteerd allel dat dominant is en dat de overlevingskans vergroot, zal de allelfrequentie toenemen. Als de mutatie nadelig is voor het individu (de overlevingskans verkleint), zal het allel snel weer uit de populatie zijn verdwenen. Welke allelen voor deze eigenschappen worden doorgegeven aan de volgende generatie wordt dan niet meer alleen door het toeval bepaald. Allelfrequenties binnen de populatie kunnen daardoor veranderen.

Een voorbeeld van veranderende allelfrequenties is de bloedziekte sikkelcelanemie. Het allel voor sikkelcelanemie (Hb^S) veroorzaakt in homozygote toestand sikkelvormige rode bloedcellen. Dit kan dodelijk zijn. In heterozygote toestand ($Hb^N Hb^S$) veroorzaakt het allel slechts een lichte vorm van bloedarmoede (anemie). Doordat veel mensen met de homozygote vorm van sikkelcelanemie jong sterven, zou te verwachten zijn dat het allel voor sikkelcelanemie vrijwel niet meer voorkomt. In sommige delen van Afrika zijn er echter populaties waarbinnen slechts 64% van de mensen het gezonde homozygote genotype heeft, 32% is heterozygoot en 4% van de mensen wordt geboren met de ernstige, homozygote vorm. De verklaring is dat mensen die heterozygoot zijn voor sikkelcelanemie, een hogere weerstand hebben tegen malaria. Hierdoor kan in gebieden waar malaria voorkomt ook sikkelcelanemie zich handhaven.

Een ander voorbeeld van veranderende allelfrequenties is seksuele selectie. Bij **seksuele selectie** beïnvloeden bepaalde eigenschappen, zoals de oogkleur of de lichaamslengte, de partnerkeuze en daarmee de voortplantingskans. De eigenschappen die een rol spelen bij seksuele selectie vergroten wel de voortplantingskans van de partners, maar niet altijd de overlevingskans. Een duidelijk voorbeeld hiervan is de staart van de mannetjespauw. De pauwen-vrouwtjes kiezen het mannetje met de mooiste staart, hoewel deze geen overlevingsvoordeel oplevert. Bij zeeleeuwen of herten hebben de vrouwtjes geen keuze. Mannetjes wedijveren met elkaar om te kunnen paren. De winnaar paart met de vrouwtjes en de verliezer heeft minder kans op voortplanting. Bij deze soorten zijn de mannetjes vaak groter dan de vrouwtjes.

opdrachten

- 60** Leg uit dat een genenpool met veel verschillende allelen de overlevingskans van een populatie vergroot.
- 61** Een bosuil heeft bruine óf grijze veren, niet alle twee. De kleur is erfelijk, waarbij de grijze veren dominant zijn. De veerleur van bosuilen wordt al dertig jaar bijgehouden door het Fins natuurhistorisch museum. Vooral in strenge winters met veel sneeuw gaan er meer bruine uilen dood. Maar nu de winters warmer worden, is de populatie bruine bosuilen flink toegenomen.
- a** In Finland neemt het aantal bruine bosuilen toe. Omdat bosuilen vrijwel zeker geen seksuele voorkeur hebben voor dieren met lichte of donkere veren, moet er sprake zijn van natuurlijke selectie.
Bedenk wat het verband zou kunnen zijn tussen de opwarming van de aarde en de stijging van het aantal bruine bosuilen.
- b** Uit het onderzoek blijkt dat voorheen 30% van de bosuilen bruin was, terwijl dat nu 50% is.
Leg uit hoe de allelfrequentie in de populatie bosuilen is verschoven.
- c** Geef voor beide allelen (voor bruine en voor grijze veren) aan hoe de selectiedruk is veranderd.
- 62 a** In de tekst over sikkelcelanemie staat: '... zou te verwachten zijn dat het allel voor sikkelcelanemie vrijwel niet meer voorkomt.'
Hoe komt het dat het allel voor sikkelcelanemie in bepaalde gebieden toch nog voorkomt?
- b** Welke twee vormen van selectiedruk spelen een rol bij het allel voor sikkelcelanemie?
- c** Van welk individu is de fitness het grootst in een gebied zonder malaria: een individu dat homozygoot is voor sikkelcelanemie ($Hb^S Hb^S$), homozygoot voor normale hemoglobine ($Hb^N Hb^N$) of een heterozygoot ($Hb^N Hb^S$)?
- d** En in een gebied met malaria?
- 63** De staart van een mannetjespauw geeft een grotere voortplantingskans, maar geen grotere overlevingskans. Leg dat uit.
- 64** Bij zeeleeuwen paart het sterkste mannetje met de vrouwtjes.
Wat is hiervan een evolutionair voordeel?

CONTEXT

Leefwereld

Culturele evolutie

De mens gaat op de lange termijn genetisch achteruit. En daar is weinig aan te doen. Het is het onvermijdelijke gevolg van steeds verder toenemende medische mogelijkheden.

Dat zegt hoogleraar erfelijkheidsleer Rolf Hoekstra, die donderdag afscheid neemt van de Wageningen Universiteit. Volgens Hoekstra versnelt medisch ingrijpen de natuurlijke selectie van de soort. Hij noemt het helpen van mensen die langs de natuurlijke weg geen kinderen kunnen krijgen als voorbeeld.

Op den duur zal genetische onvruchtbaarheid door de beschikbaarheid van kunstmatige voortplantingstechnieken vaker voorkomen. Dat is weliswaar een proces van eeuwen, maar natuurlijke evolutie zou nog veel langer duren, aldus de hoogleraar.

Hoekstra is niet tegen het versnellen van de evolutie door medisch handelen. Hij waarschuwt er echter voor dat in de loop der eeuwen zoveel nadelige genetische effecten kunnen ontstaan, dat behandeling onbetaalbaar wordt. ‘Maar dat zullen we moeten accepteren als de keerzijde van gewenst handelen,’ zegt hij.

Bron: www.nu.nl, 16-02-2010.

- **Afb. 42** Stel kiest de kenmerken van hun toekomstig kind uit bij ivf met donorzaad.



opdracht

- 65 a** In de tekst staat: ‘Op den duur zal genetische onvruchtbaarheid door de beschikbaarheid van kunstmatige voortplantingstechnieken vaker voorkomen.’ Leg dit uit.
- b** Geef bij de volgende stellingen minstens een argument tegen en een argument vóór de stelling. Geef daarna je mening over de stellingen.
- 1 Als er een voortplantingstechniek is waarmee een onvruchtbare vrouw toch zwanger kan worden, heeft zij recht op die behandeling.
 - 2 Als een onvruchtbare vrouw met een bepaalde voortplantingstechniek toch zwanger wil worden, moet zij die behandeling zelf betalen.

Leerdoel

- Je kunt manieren van reproductieve isolatie beschrijven.

7

Ontstaan van soorten

Door de verandering van allelfrequenties binnen populaties alléén, ontstaat nog geen nieuwe soort. Daar is meer voor nodig.

REPRODUCTIEVE ISOLATIE

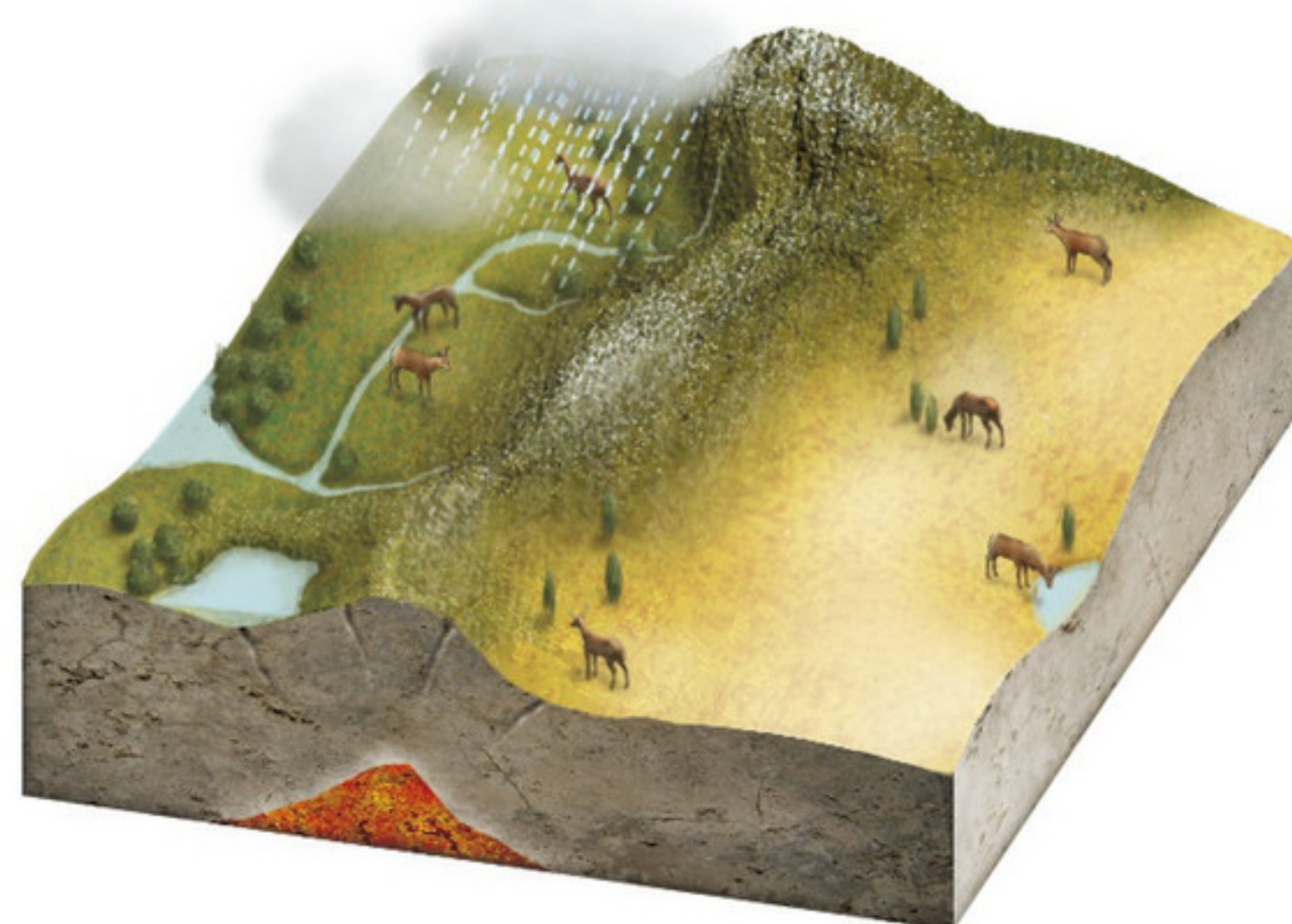
Voor het ontstaan van een nieuwe soort is **reproductieve isolatie** nodig tussen populaties van dezelfde soort: er moet dan gedurende lange tijd geen voortplanting en dus geen uitwisseling van genen plaatsvinden tussen de individuen van twee of meer populaties. Mutaties die in de ene populatie optreden, bereiken de andere populatie(s) niet. In de loop van vele generaties kunnen zo grote genetische verschillen ontstaan tussen populaties die oorspronkelijk tot dezelfde soort behoorden.

Reproductieve isolatie kan op verschillende manieren plaatsvinden. Meestal is **geografische isolatie** van populaties, bijvoorbeeld door een bergketen, de oorzaak van soortvorming (zie afbeelding 43). Geografische isolatie kan ook optreden wanneer een deel van een populatie wordt meegevoerd naar een eiland waar deze soort tot dat moment niet voorkwam.

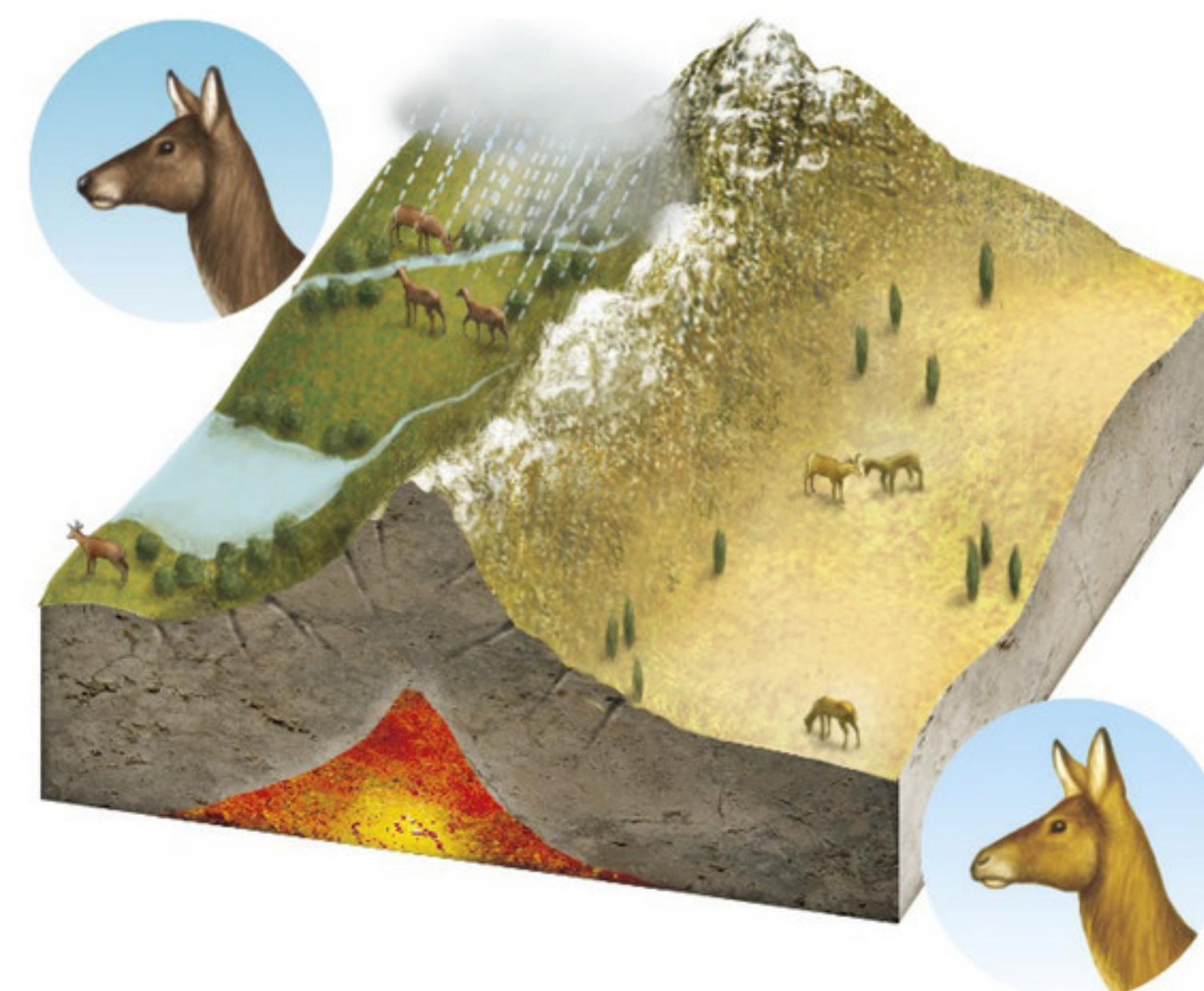
▼ **Afb. 43** Soortvorming door geografische scheiding.



- 1 Een populatie herten leeft in een bepaald gebied.



- 2 Er ontstaat een bergketen, waardoor de populatie in tweeën wordt gesplitst.



- 3 Door verschillende milieuomstandigheden aan beide kanten vindt natuurlijke selectie plaats. Na vele generaties verschillen de populaties zo sterk dat twee soorten zijn ontstaan.

Soortvorming kan ook optreden zonder dat sprake is van een geografische scheiding van populaties, bijvoorbeeld door verschillen in gedrag. Veel dieren vertonen baltsgedrag voordat ze gaan paren. Baltsgedrag bestaat uit een serie handelingen en signalen waarmee dieren zich voorbereiden op de paring. De opeenvolging van deze signalen is soortspecifiek. Door de balts herkennen dieren elkaar als soortgenoot.

Twee verwante soorten albatrossen broeden vaak dicht bij elkaar op dezelfde eilanden (zie afbeelding 44). Door hun verschil in uiterlijk en gedrag paren ze niet met elkaar. De Laysanalbatros-partners haken bijvoorbeeld hun snavels zachtjes in elkaar, terwijl zwartvoetalbatrossen hun snavels krachtig tegen elkaar slaan.

- **Afb. 44** De Laysanalbatros (*Phoebastria immutabilis*) en de zwartvoetalbatros (*Phoebastria nigripes*).



1 Laysanalbatros (*Phoebastria immutabilis*)



2 zwartvoetalbatros (*Phoebastria nigripes*)

opdrachten

- 66** Ongeveer 1% van het aardoppervlakte bestaat uit zoet water en meer dan 50% uit oceanen en zeeën. Toch komt 36% van de bijna twintigduizend bekende vissoorten in zoet water voor.
Leg uit waardoor het aantal soorten zoetwatervissen relatief groot is.
- 67** In 1883 vernietigde een uitbarsting op het Indonesische vulkaaneiland Krakatau al het plantaardige en dierlijke leven. In de jaren daarna is het eiland onbewoond gebleven en is de immigratie van soorten organismen door biologen bestudeerd.
In 1886 groeiden er 27 soorten planten op Krakatau, in 1897 62 soorten en in 1906 114 soorten.
In 1898 waren er 40 soorten geleedpotigen (vooral insecten), 2 soorten reptielen en 16 soorten vogels.
In 1923 waren er ongeveer 500 soorten geleedpotigen, 7 soorten landslakken, 3 soorten reptielen, 2 soorten vleermuizen en 1 rattensoort.
- a** Vóór 1898 waren er vast ook wel enkele soorten dieren, maar die zijn waarschijnlijk weer uitgestorven.
De extinctie bij diersoorten is in het begin veel groter dan bij plantensoorten.
Leg dat uit.
- b** De dieren die zich vestigen, zijn vooral geleedpotigen en vogels. Twee van de drie zoogdiersoorten zijn vleermuizen.
Waardoor zouden juist deze diersoorten zich als eerste vestigen?
- c** Hoe zouden de overige dieren (reptielen, landslakken en rat) op het eiland terecht kunnen zijn gekomen?
- 68** In opdracht 2 van basisstof 1 heb je twee vragen genoteerd waarop je in dit thema een antwoord zou willen krijgen. Je hebt nu de basisstof van het thema afgerond.
Geef zo mogelijk het antwoord op de vragen die je in opdracht 2 hebt gesteld.

Experiment met hagedissen

NEW YORK – Amerikaanse onderzoekers hebben in een veertien jaar durend experiment met hagedissen bewijsmateriaal aangedragen ter ondersteuning van Darwins evolutietheorie. De reptielen bleken zich in die betrekkelijk korte tijd lichamelijk aan te passen aan hun leefomgeving. De hagedissen werden uitgezet op enkele piepkleine eilandjes in het Caribisch gebied, met verschillende bodemgesteldheid en vegetatie, waar geen soortgenoten voorkwamen. De onderzoekers voorspelden dat dieren die werden uitgezet op een eilandje met weinig begroeiing kortere pootjes zouden krijgen, terwijl hagedissen die in bomen konden leven langere poten zouden ontwikkelen, in beide gevallen om zich sneller te kunnen bewegen bij het insectenvangen. Na veertien jaar bleken de voorspelde veranderingen zich inderdaad te hebben voltrokken.

► **Afb. 45** Bruine mannetjesanolis (*Anolis sagrei*) met opgezette keelvlag.



opdracht

- 69 a** Formuleer een passende onderzoeksvraag bij het experiment.
b Behoren de hagedissen na afloop van het experiment tot verschillende soorten, of zijn het verschillende vormen van één soort? Leg je antwoord uit.

► OLYMPIADE OPDRACHT 8

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Doe online de verrijkingsstoffen, de flitskaarten, de oefentoets en de Versterk Jezelf.
- Ga in het boek verder met de Samenhang en de Examentrainer.

Leerdoelen

- Je kunt de evolutie van lactosetolerantie toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair en ecologisch denken toepassen op de evolutie van lactosetolerantie.

▼ **Afb. 1** Mutante meisjes smullen van hun ijsjes.



► **Afb. 2** De gezamenlijke reis van LP en de melkveehouderij.

Met melkvee meer mutanten

Dat Nederlanders ook als volwassene kunnen smullen van een ijsje hebben we te danken aan een mutatie.

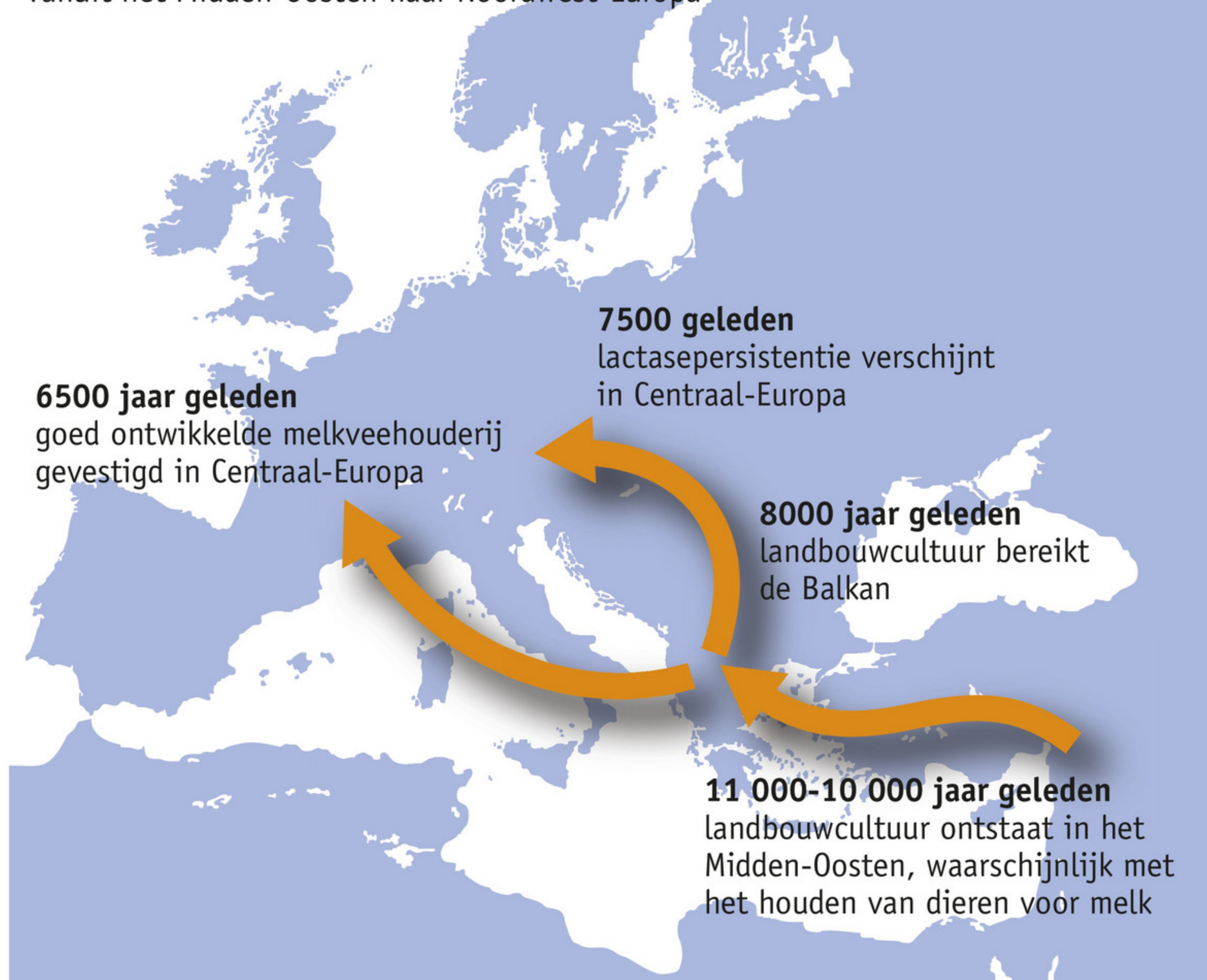
Maar liefst 65% van alle mensen op aarde kan alleen als baby melk verteren. Als ze ouder worden, verliezen zij het vermogen om de melksuikers (lactose) af te breken. Drinken ze toch een beker melk, dan krijgen ze buikkrampen of diarree. Voor de meeste Nederlanders is het drinken van melk echter geen enkel probleem. Ze zijn lactosetolerant ofwel lactasepersistent (LP). Deze eigenschap hebben ze te danken aan een mutatie in het LP-gen. Het gewone LP-gen schakelt na de zuigelingenperiode het lactasegen uit. Mensen met het gemuteerde LP-gen blijven hun hele leven het enzym lactase aanmaken, waarmee ze melkproducten kunnen verteren.

GROOT VOORDEEL

Al in de vroege oertijd gebruikten mensen zuivel. Daaruit moesten ze dan wel de melksuiker verwijderen door de melk te fermenteren tot yoghurt of kaas. Daarmee verdween ook 20–50% van de energiewaarde. Zo'n 10 000 jaar geleden schakelden de eerste mensen in het Midden-Oosten over van jagen en verzamelen naar landbouw. Ze gingen melkvee houden. Met de opkomst van de veehouders kregen ook steeds meer mensen het vermogen om levenslang melk te verteren. Deze mutanten konden alle energie in melk benutten, een groot evolutionair voordeel. De verspreiding van een genetische verandering gaat hier samen met een culturele verandering. Wat eenvoudig betekent dat de melkveehouderij ervoor heeft gezorgd dat de mens genetisch is veranderd.

VERSPREIDING VAN DE MELKVEEHOUDERIJ

vanuit het Midden-Oosten naar Noordwest-Europa



OPMARS

De verspreiding van de veeteelt en de LP-mutatie naar West-Europa vond 7500 jaar geleden plaats (zie afbeelding 2). Dit ontdekten wetenschappers door onderzoek aan botresten van vee en de eerste veetelers. Met de opmars van gemeenschappen van melkveehouders richting Noordwest-Europa nam de frequentie van het mutante allel snel toe. De dragers ervan hadden een groot selectievoordeel door hun adaptatie aan de nieuwe levensomstandigheden. Zij zouden maar liefst 19% meer nakomelingen kunnen voortbrengen dan hun lactose-intolerante tijdgenoten. Dat zijn heel wat meer kinderen, die weer meer kinderen krijgen, die weer meer kinderen krijgen ...

Ondertussen stonden hun jagende tijdgenoten niet hulpeloos langs de zijlijn. Door genuitwisseling met melkveehouders kunnen hun nakomelingen in het bezit zijn gekomen van het gemuteerde allel. Zo kunnen nu bijna alle Nederlanders genieten van een ijsje – zelfs al was jouw prehistorische voorouder een lactose-intolerante jager-verzamelaar.

Naar: Joseph Caputo, Lactose tolerance and human evolution, Smithsonian.com, april 2009; Andrew Curry, The milk revolution, *Nature* augustus 2013.

Organisatieniveau	Begrip
Biosfeer	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

opdrachten

- 1 Neem de tabel over en noteer de volgende begrippen bij het juiste organisatieniveau: *baby – botresten – buikkramp – diarree – lactase – landbouw – melksuiker – melkvee – mutant – nakomelingen – voortplanting – wereldbevolking*.
- 2 Welke stof in de botresten van mensen en melkvee werd onderzocht om de verwantschap vast te stellen tussen West-Europese populaties en populaties in het Midden-Oosten?
- 3
 - a Bij de fermentatie van melk voor de productie van yoghurt en kaas wordt lactose omgezet in melkzuur.
Welke groep van organismen wordt hiervoor gebruikt?
 - b Geef een verklaring voor de lagere energiewaarde van gefermenteerde melk.
- 4 Verklaar waardoor de cellen van de verteringsorganen bij mensen normaal gesproken na de lactatieperiode geen lactase meer aanmaken.
- 5
 - a Leg uit hoe door een mutatie van het LP-gen lactosetolerantie kan ontstaan.
 - b Verklaar de snelle toename van dit LP-gen in populaties melkveehouders.
- 6
 - a In de tekst wordt verondersteld dat er voortplanting heeft plaatsgevonden tussen de populaties van jagers-verzamelaars en de melkveehouders.
Uit welke zinsnede blijkt dat?
 - b Kan er bij de jagers-verzamelaars en de melkveehouders ook sprake zijn geweest van reproductieve isolatie? Licht je antwoord toe.
 - c Stel dat jagers-verzamelaars en melkveehouders reproductief gescheiden waren. Hoe kan in dat geval de frequentie van het gemuteerde LP-gen zijn toegenomen in de West-Europese bevolking?
- 7 Kan de mutatie in het LP-gen van invloed zijn geweest op de Nederlandse economie en het landschap? Licht je antwoord toe.

practicumopdracht 1

MATERIAAL

- 3 bossen bloemen
- 3 vazen of bakken met water (0,5 tot 1 liter)
- 2 zakjes snijbloemenvoedsel
- 3 steriele petrischalen met voedingsbodem
- entnaald of ijzerdraad
- brander
- 70% alcohol
- broedstoof

▼ **Afb. 1** Bloemen en zakje snijbloemenvoedsel.



Practica

Bacteriegroei in bloemenwater

» BASISSTOF 2

Als je bij de bloemist een bos bloemen koopt, krijg je daar meestal een zakje snijbloemenvoedsel bij. Het zakje bevat niet alleen voedsel voor de snijbloemen, maar ook middelen die de groei van bacteriën remmen. Bacteriën kunnen namelijk goed groeien in een vaas met leidingwater en bloemstelen (zie afbeelding 1).

Op het zakje snijbloemenvoedsel staat dat je de inhoud van het zakje moet oplossen in een halve liter water. Veel boeketten komen echter terecht in een vaas met meer dan een halve liter water. De concentratie snijbloemenvoedsel is dan te laag. De fabrikant van snijbloemenvoedsel wijst de bloemisten er voortdurend op dat zij hun klanten voldoende zakjes snijbloemenvoedsel meegeven, omdat er anders te veel bacteriën in het bloemenwater groeien. De boeketten zullen daardoor veel minder lang houdbaar blijven bij de consument, stelt de fabrikant.

ONDERZOEKSVRAAG

Een bloemist wil weten of het waar is wat de fabrikant van het snijbloemenvoedsel beweert. Bovendien wil hij weten of er sowieso wel meer bacteriën in het bloemenwater groeien als er helemaal geen snijbloemenvoedsel wordt gebruikt. De onderzoeksvraag is: Wat is de invloed van snijbloemenvoedsel op de ontwikkeling van het aantal bacteriën in bloemenwater?

HYPOTHESE

- 1 Formuleer de hypothese van de bloemist. Formuleer ook de bijbehorende verwachting.

METHODE

- Zet de bloemen in de drie bakken met ieder 0,5 liter water.
- Voeg aan bak 1 geen snijbloemenvoedsel toe, aan bak 2 een half zakje en aan bak 3 een compleet zakje snijbloemenvoedsel.
- Laat de bloemen een week in het water staan.
- Houd het oog van de entnaald of het uiteinde van een metaaldraad in de vlam van een brander en daarna in 70% alcohol. Steek nu de entnaald in bak 1 en strijk voorzichtig over de gehele voedingsbodem van een petrischaal. Sluit de schaal snel en zet erop: bak 1. Herhaal de procedure voor de bakken 2 en 3.
- Zet de drie petrischalen gedurende twee dagen in een broedstoof bij 37–40 °C. Tel daarna het aantal kolonies of bepaal het gedeelte van de schaal dat bedekt is met kolonies van de bacteriën.

RESULTAAT

Geef in een tabel de aantallen kolonies of de bedekkingsgraad per bak weer.

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 2 Is de hypothese bevestigd?
- 3 Wat zou de oorzaak kunnen zijn als er in alle drie petrischalen veel bacteriegroei is opgetreden?

practicumopdracht 2

MATERIAAL

- een stukje boomschors met groene aanslag (boomalg)
- een microscoop
- prepareermateriaal

Boomalg (*Protococcus viridis*)

» BASISSTOF 3

Anders dan de meeste algen leven boomalgen niet in het water, maar op de schors van bomen. In dit practicum ga je onderzoeken hoe boomalgen er onder een microscoop uitzien.

METHODE

- Schrap wat groene aanslag van het stukje boomschors af en maak hiervan een preparaat. Druk met je wijsvinger licht op het dekglasje en maak een draaiende beweging.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 400×. Je ziet losse boomalgcellen met celwanden. Je ziet ook groepjes boomalgcellen die aan elkaar vastzitten. Dat komt doordat de cellen na deling niet meteen loslaten van elkaar. Soms zie je ook delende boomalgcellen.
- Maak tekeningen van losse boomalgcellen en van groepjes boomalgcellen.

RESULTAAT

Tekeningen van losse boomalgcellen en van groepjes boomalgcellen bij een vergroting van 400×.

practicumopdracht 3

MATERIAAL

- een kweek van pantoffeldiertjes
- een microscoop
- prepareermateriaal
- methylcellulose-oplossing (behangersplak) of een glycerine-oplossing (eventueel)

Pantoffeldiertje (*Paramecium sp.*)

» BASISSTOF 3

Pantoffeldiertjes zijn eencelligen die in zoetwater leven. In dit practicum ga je onderzoeken hoe pantoffeldiertjes er onder een microscoop uitzien.

METHODE

- Op de kweek van pantoffeldiertjes zit een vlies. Zuig met het druppelpipet een druppel water vlak onder het vlies vandaan. Probeer het vlies zo weinig mogelijk te beschadigen. Maak een preparaat van de druppel.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100×. Je ziet vrijwel zeker pantoffeldiertjes. Ze bewegen snel door het beeld. Als de pantoffeldiertjes te snel bewegen, kun je een druppel methylcellulose- of glycerine-oplossing toevoegen.
- Maak een tekening van een pantoffeldiertje.

RESULTAAT

Tekening van een pantoffeldiertje bij een vergroting van 100×.

practicumopdracht 4

MATERIAAL

- papieren rondjes in verschillende kleuren
- een gebloemde lap of stuk behangpapier met kleurig bloemenmotief
- een zonnebril

Natuurlijke selectie gesimuleerd

» BASISSTOF 4

Natuurlijke selectie speelt een belangrijke rol in de evolutietheorie. Binnen een populatie met diverse eigenschappen hebben de best aangepasten meer kans om bedreigingen uit hun omgeving te overleven. Bedreigingen zijn bijvoorbeeld honger, kou, ziekten of roofdieren. In dit practicum ga je de invloed van roofdieren op het kleurpatroon van een prooidier onderzoeken.

ONDERZOEKSVRAAG

Verandert de verdeling in kleurvariatie bij een prooidier onder invloed van roofdieren?

Kleur	Aantal zonder zonnebril	Aantal met zonnebril
Rood		
Geel		
Oranje		
Blauw		
Groen		
Roze		
Paars		
Wit		
Zwart		
Bruin		

practicumopdracht 5

MATERIAAL

- een lege ruimte die groot genoeg is om een stukje te wandelen
- een rolmaat of meetlint
- water
- een handdoek

HYPOTHESE

Afhankelijk van de kleur van de omgeving zullen prooidieren met bepaalde kleuren meer gevangen worden dan anders gekleurde prooidieren.

METHODE

- Je doet dit practicum in duo’s. Ieder duo krijgt een gebloemde lap of een stuk behangpapier.
- Strooi daarop twintig rondjes van elk van de volgende tien kleuren: rood, geel, oranje, blauw, groen, roze, paars, wit, zwart en bruin.
- Schud de rondjes over het gehele vlak uit.
- Nu gaat een van de twee als roofdier spelen. Hij/zij pakt steeds zo snel mogelijk een duidelijk zichtbaar rondje en legt dat op tafel. De ander telt en geeft een stopteken als er veertig rondjes ‘gevangen’ zijn of als er twee minuten voorbij zijn.
- Noteer hoeveel rondjes van elke kleur gevangen zijn.

Voeg nu ongeveer veertig nieuwe rondjes toe. Is een bepaalde kleur niet gevangen, dan doe je daarvan zeven rondjes erbij. Bij een, twee of drie keer gevangen doe je er vier rondjes bij. Bij meer keren gevangen geen rondjes. Schud uit over het gehele vlak.

- Herhaal deze werkwijze twee keer.
- Tel nu het eindresultaat dat op het vlak ligt.
- Wissel van rol. Dit keer zet degene die roofdier is een zonnebril op (een roofdier dat alles in zwartwit ziet). Hij/zij pakt weer zo snel mogelijk een voor een de duidelijk zichtbare rondjes en legt deze op tafel. De ander telt en geeft een stopteken als er veertig rondjes ‘gevangen’ zijn of als er twee minuten voorbij zijn.

RESULTAAT

Neem de tabel over en vul in.

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Verklaar het resultaat dat na een paar generaties is bereikt.
- 2 Leg uit hoe het verschil tussen experiment 1 (zonder zonnebril) en experiment 2 (met zonnebril) is ontstaan.

Lichaamslengte schatten aan de hand van gevonden voetafdrukken

» BASISSTOF 5

In 1978 vond Mary Leaky in Laetoli (Ethiopië) afdrukken van voetsporen van drie hominiden (aapmensen) van de soort *Australopithecus afarensis*. Onderzoek aan de voetsporen gaf informatie over de lichaamsbouw en de manier van lopen. In dit practicum ga je onderzoeken wat de lichaamslengte van deze hominiden was.

ONDERZOEKSVRAAG

Wat was de lichaamslengte van de twee volwassen exemplaren van *Australopithecus afarensis* waarvan in Laetoli alleen de voetstappen zijn gevonden?

► **Afb. 2** Afmetingen van twee paar Laetoli-voetafdrukken.

HYPOTHESE

	Volwassene 1	Volwassene 2
Lengte van de voet	21,5 cm	18,5 cm
Breedte van de voet	10 cm	8,8 cm
Paslengte (afstand tussen de afdrukken)	47,2 cm	28,7 cm
Geschatte lichaamslengte	134–156 cm	115–134 cm

METHODE

Onderzoek eerst bij mensen van verschillende lengte het verband tussen hun beenlengte en hun paslengte. Dat doe je door de proefpersonen op natte, blote voeten in wandeltempo door een ruimte te laten lopen. Meet van elke proefpersoon de beenlengte en de paslengte.

RESULTAAT

- Maak een tabel van de beenlengte en de paslengte van je proefpersonen.
- Maak daarna aan de hand van deze tabel een grafiek van het verband tussen beenlengte en paslengte.

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Vergelijk de paslengte van de twee Laetoli-volwassenen (zie afbeelding 2) met jouw grafiek.
Hoe lang waren de benen van deze twee exemplaren van *A. afarensis*?
Neem de volgende tabel over en noteer daarin de beenlengte.

	Beenlengte	Lichaamslengte
Volwassene 1	cm	cm
Volwassene 2	cm	cm

▼ **Afb. 3** Reconstructie van twee volwassen exemplaren van *Australopithecus afarensis*.



- 2 In afbeelding 2 staat een schatting van de lichaamslengte van deze twee *Australopithec*i.
Hoe zou men tot deze schatting zijn gekomen?
- 3 Bereken met behulp van afbeelding 3 hoe lang de twee volwassenen waarschijnlijk waren.

DISCUSSIE

- 4 Vergelijk je uitkomst bij vraag 3 met de lichaamslengte in afbeelding 2.
Geef een verklaring voor eventuele verschillen.

Samenvatting

LEERDOEL 1 ►► BASISSTOF 1

Je kunt het ordeningssysteem van organismen beschrijven en toepassen.

- Organische stoffen:
 - meestal afkomstig van organismen;
 - relatief grote, ingewikkeld gebouwde moleculen;
 - de moleculen bevatten een of meer atomen koolstof, waterstof (H) en zuurstof (O);
 - bijv. glucose, zetmeel, eiwitten, vetten.
- Anorganische stoffen:
 - komen voor in organismen en in de levenloze natuur;
 - kleine, eenvoudig gebouwde moleculen;
 - bijv. koolstofdioxide, water, keukenzout, zuurstof.
- Autotrofe organismen:
 - kunnen organische stoffen maken uit alleen anorganische stoffen;
 - nemen anorganische stoffen op uit hun milieu.
- Heterotrofe organismen:
 - hebben andere organismen nodig als voedsel;
 - nemen organische en anorganische stoffen op uit hun milieu.
- Prokaryoten hebben geen celkern of interne membranen, zodat het DNA los in het cytoplasma ligt.
- Bij eukaryoten ligt het DNA in de celkern.
- Drie domeinen: bacteriën, archaea en eukaryoten.
- Indeling in steeds kleinere taxa (groepen):
 - Achtereenvolgens rijken, stammen, klassen, orden, families, geslachten en soorten.
- Binaire naamgeving:
 - een geslachtsnaam (voorop en met hoofdletter);
 - een soort aanduiding (met kleine letter);
 - vaak nog de naam (afgekort) van de naamgever;
 - bijv. *Bellis perennis* L. (madeliefje).

LEERDOEL 2 ►► BASISSTOF 2

Je kunt kenmerken van prokaryoten noemen.

- Prokaryoten: bacteriën en archaea.
 - Het cirkelvormig (circulair) chromosoom ligt los in het cytoplasma.
 - Veel soorten hebben slechts één groot, circulair chromosoom. Bij sommige soorten komen ook kleine, circulaire plasmiden voor.
 - De chromosomen bestaan alleen uit DNA; ze bevatten geen eiwitmoleculen.
- Prokaryoten kunnen een of meerdere zweepstaart(en) hebben voor de voortbeweging.
- Prokaryoten planten zich vooral voort door deling.
 - Hierbij zijn de chromosomen vastgehecht aan het celmembran.
- Celwanden van bacteriën bestaan uit peptidoglycaan.

- Bacteriën kunnen ziekten veroorzaken en voedsel bederven.
- Bacteriën worden door de mens gebruikt bij:
 - de productie van voedingsmiddelen (o.a. yoghurt, kaas, zuurkool);
 - de productie van geneesmiddelen en hormonen;
 - de afvalwaterzuivering en de productie van wasmiddelen en zymen.
- Bij genetische modificatie wordt het DNA van een organisme veranderd door de mens.
- Virussen zijn geen organismen.
 - Bestaan uit DNA of RNA omgeven door een eiwitmantel.
 - Virussoorten die bacteriën als gastheer gebruiken heten bacteriofagen

LEERDOEL 3 ►► BASISSTOF 3

Je kunt kenmerken van eukaryoten noemen.

- Schimmels zijn heterotroof: ze voeden zich met dode resten van organismen.
 - Gisten zijn eencellige schimmels.
- Meercellige schimmels planten zich voort door sporen, die kunnen ontstaan:
 - aan het uiteinde van schimmeldraden die omhoog groeien;
 - in paddenstoelen.
- De celwanden van schimmels bevatten chitine.
- Schimmels kunnen ziekten veroorzaken (o.a. zwemmerseczeem).
- Schimmels worden door de mens gebruikt bij:
 - de bereiding van voedingsmiddelen (o.a. kaas, brood, alcohol);
 - de productie van penicilline (een antibioticum).
- Planten zijn autotroof: ze hebben chloroplasten (met chlorofyl) in hun cellen.
 - De celwanden van planten bevatten cellulose.
- Tot de planten behoren de wieren (algen), de mossen, de paardenstaarten, de varens en de zaadplanten.
 - Sporenplanten planten zich voort door sporen.
 - Vaatplanten hebben houtvaten en bastvaten, waardoorheen stoffen worden vervoerd in de plant.
- Dieren zijn heterotroof (ze hebben geen chlorofyl). Ze hebben geen celwanden om hun cellen.
- Tot de dieren behoren de sponzen, de holtedieren, de platwormen, de rondwormen, de ringwormen, de weekdieren, de geleedpotigen, de stekelhuidigen en de gewervelden.

LEERDOEL 4 ►► BASISSTOF 4

Je kunt uitleggen wat de neodarwinistische evolutietheorie inhoudt.

- Evolutie is de ontwikkeling van het leven op aarde, waarbij soorten ontstaan, veranderen en/of verdwijnen.

- De neodarwinistische evolutietheorie gaat uit van genetische variatie (verscheidenheid in genotypen), natuurlijke selectie (survival of the fittest) en soortvorming door reproductieve isolatie.
- Genetische variatie.
 - Door mutaties en recombinatie verschillen individuen van één soort in genotype en fenotype.
- Natuurlijke selectie.
 - Individuen met een betere adaptatie (aanpassing) aan het milieu hebben een grotere overlevingskans.
 - Fitness: van individuen met een gunstig genotype zullen meer nakomelingen in leven blijven en zich voortplanten.
 - Soorten evolueren als door natuurlijke selectie de mutanten blijven voortbestaan en individuen van de oorspronkelijke vorm niet.
 - Door een grote genetische variatie heeft een soort een grotere overlevingskans.

LEERDOEL 5 ►► BASISSTOF 5**Je kent enkele onderzoeksmethoden naar verwantschap.**

- Vergelijking van de anatomie.
- Biochemie.
 - Verschillende soorten vertonen grote overeenkomst in samenstelling van stoffen (bijv. de bouw van celwanden, celmembraan, eiwitten, RNA en DNA).
 - Hoe meer deze stoffen bij twee soorten organismen overeenkomen, des te groter is de verwantschap.
- DNA-analyse: bepalen van de nucleotidenvolgorde (DNA-sequentie) van het DNA.

LEERDOEL 6 ►► BASISSTOF 5**Je kunt verschillen en overeenkomsten herkennen tussen organen en orgaanstelsels van de mens en van verschillende diersoorten.**

- Homologe organen: hebben een overeenkomstige grondvorm door verwantschap; de functie kan verschillen.
- Analoge organen: hebben een overeenkomstige vorm door overeenkomst in functie, niet door verwantschap.
- Rudimentaire organen hebben hun oorspronkelijke functie verloren.

LEERDOEL 7 ►► BASISSTOF 5**Je kunt een stamboom aflezen en construeren.**

- Een stamboom geeft verwantschap en afstamming van soorten weer.
 - Verwante soorten hebben een gemeenschappelijke voorouder.
 - De mate van verwantschap is bepaald door het aantal generaties sinds de gemeenschappelijke voorouder.

LEERDOEL 8 ►► BASISSTOF 6**Je kunt beschrijven hoe de genetische eigenschappen van een populatie kunnen veranderen.**

- Populatie: groep individuen van dezelfde soort die in een bepaald gebied leeft en zich onderling voortplant.
- Soort: de grootste verzameling van populaties waartussen uitwisseling van genen kan plaatsvinden.
 - Een soort kan bestaan uit verschillende rassen.
- Genenpool: de verzameling van alle allelen van alle individuen in een populatie.
 - De omvang van de genenpool is een maat voor de genetische variatie.
- Allelfrequentie: hoe vaak een allel in de populatie voorkomt.
- Genetische variatie kan ontstaan door mutaties, selectiedruk en migratie.
- Seksuele selectie: als eigenschappen van seksuele partners de voortplantingskans beïnvloeden.

LEERDOEL 9 ►► BASISSTOF 7**Je kunt manieren van reproductieve isolatie beschrijven.**

- Gedurende lange tijd vindt geen voortplanting plaats tussen individuen van verschillende populaties:
 - door geografische oorzaken;
 - door verschil in gedrag.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt de volgende vaardigheden geoefend:

- zoeken, selecteren en verwerken van informatie;
- analyseren welke rol evolutie heeft in beroepen en de dagelijkse praktijk;
- toepassen van verschillende fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek;
- uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
- verzamelen, bewerken en overzichtelijk weergeven van data;
- vorm-functiedenken op het niveau van organen;
- verklaren van biologische verschijnselen op verschillende organisatieniveaus met behulp van evolutiemechanismen (evolutionair denken);
- met elkaar in verband brengen van evolutiemechanismen op verschillende organisatieniveaus (systeemdenken).

Examentrainer

EVOLUTIE BIJ PETUNIA-VARIANTEN

naar examen havo 2015-1, vragen 19 en 20.

In Zuid-Amerika komen twee kleurvarianten van petunia naast elkaar voor. Naast het opvallende kleurverschil van de dieppaarse en helderwitte bloemen valt in het veld op dat de witte bloemen 's avonds en 's nachts een sterke geur verspreiden en bezocht worden door nachtvlinders. De paarse bloemen geuren niet maar hebben een opvallende tekening die zichtbaar is in ultraviolet licht. Petunia's met paarse bloemen worden bestoven door bijen en hommels. In de natuur vindt geen kruising tussen beide kleurvarianten plaats en de beide varianten kennen geen kleurafwijkingen en ook geen enkele afwijking in bloemvorm of geur.

Bij kunstmatige bestuiving planten de beide petunia-varianten zich wel onderling voort en leveren dan vruchtbare nakomelingen. De bevolking van het gebied in Uruguay waar de petunia's voorkomen, geeft de paarse en de witte petunia's elk een eigen naam, terwijl plantkundigen het op één soortnaam houden voor de kleurvarianten paars en wit.

- 2p 1 Geef een biologisch argument waarom het gerechtvaardigd is om van één soort te spreken. Geef ook een biologisch argument waarom het gerechtvaardigd is om van twee soorten te spreken.

In evolutionair opzicht is hier een interessant fenomeen gaande: uit één soort zijn zich op één plaats twee verschillende populaties aan het ontwikkelen die in dezelfde biotoop naast elkaar voorkomen.

- 2p 2 Noteer de namen van de twee processen waardoor beide varianten van elkaar zijn gaan verschillen. Verklaar dat in dit geval soortvorming kan optreden op eenzelfde wijze als bij geografische isolatie.

EVOLUTIE VAN DE WALVIS

pilot examen havo 2014-I vragen 38, 39, 41 en 42.

Tandwalvissen eten vis en andere zeedieren. Ook baleinwalvissen eten voornamelijk dierlijk voedsel. De voorouders van de walvis waren echter planteneters, zo blijkt uit fossielen van hun voorouders. Zij hadden voorpoten die alleen bij evenhoevigen zoals bijvoorbeeld runderen, nijlpaarden en herten voorkomen. In afbeelding 1 staan fossiele vondsten van voorouders van de walvis. Van de *Pakicetus inachus* is alleen een schedel met tanden gevonden maar van de meeste andere bijna hun volledig

skelet. Deze vondsten ondersteunen de theorie dat de walvis geëvolueerd is vanuit een landzoogdier. *Rodhocetes* is al een zeezoogdier waarbij nog duidelijk een achterpoot zichtbaar is. In het huidige walvis skelet is alleen nog een bot aanwezig op de overeenkomstige plek, zonder uitwendige poot of vin.

- 2p 3 Hoe noemt men een orgaan zoals het genoemde bot in het huidige walvis skelet?
- A een analoog orgaan
 - B een fossiel orgaan
 - C een rudimentair orgaan
 - D een vitaal orgaan

De fossiele vondsten staan gerangschikt op jaartal van de opgraving waarin ze gevonden zijn (zie afbeelding 1). In de geologische tijdschaal verschijnt de *Pakicetus inachus* het eerst. De andere vier voorouders kunnen op basis van de kenmerken van de gevonden fossielen in een afstammingsreeks gerangschikt worden.

- 1p 4 Wat is de volgorde van voorouders van de walvis in deze afstammingsreeks? Schrijf alleen de nummers (in de juiste volgorde) op.

Japanse onderzoekers bestudeerden de afstamming van de walvis op een heel andere manier. Zij onderzochten overeenkomsten en verschillen tussen het DNA van een aantal organismen en konden zo de verwantschap bepalen. De verwantschap is als volgt in een schema weergegeven (zie afbeelding 2).

In het onderzoek werden onder andere baleinwalvissen, dwergherten, giraffen en zwijnen betrokken.

- 2p 5 Tussen welke twee van deze diergroepen komt het DNA het minst overeen? Tussen welke twee van deze diergroepen komt het DNA het meest overeen?

	<i>minste overeenkomst</i>	<i>meeste overeenkomst</i>
A	tussen baleinwalvissen en giraffen	tussen dwergherten en zwijnen
B	tussen zwijnen en baleinwalvissen	tussen dwergherten en zwijnen
C	tussen baleinwalvissen en giraffen	tussen giraffen en dwergherten
D	tussen zwijnen en baleinwalvissen	tussen giraffen en dwergherten

- 1p 6 Welke zoogdieren zijn volgens afbeelding 2 het meest verwant aan de nu nog levende tand- en baleinwalvissen?

Olympiade

►►  VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2009, VRAAG 23

Sluit aan bij: T₁, BS₅

Diffusie

- 1** Opgeloste stoffen, water en gassen gaan vanzelf van een hoge concentratie van die stof naar een lagere concentratie van die stof. Dit heet diffusie. Een dierlijke cel bevat veel opgeloste stoffen die opgesloten zitten binnen een celmembraan, omdat ze daar door diffusie niet uit kunnen gaan. Water en gassen kunnen wel diffunderen.
- a** Welke drie gebeurtenissen vinden plaats als een dierlijke cel in kraanwater wordt gelegd? Omcirkel de juiste antwoorden.
- 1 De waterconcentratie in de cel neemt toe.
 - 2 De waterconcentratie in de cel neemt af.
 - 3 De concentratie opgeloste stoffen neemt toe.
 - 4 De concentratie opgeloste stoffen neemt af.
 - 5 De concentraties van water en opgeloste stoffen blijven gelijk.
 - 6 De cel zwelt en barst.
 - 7 De cel krimpt.
 - 8 De cel blijft even groot.
- b** Welke drie gebeurtenissen vinden plaats als een amoebe (zoetwater-eencellige) in zeewater wordt gelegd?
Kies de juiste nummers uit (bij vraag a) en schrijf deze op.

►►  VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2000, VRAAG 18-19

Sluit aan bij: T₁, BS₆

Bacteriegroei

- 2** Tijdens een onderzoeksproject werd een bepaalde bacteriesoort opgekweekt op voedingsbodems van agar, bij een constante temperatuur. De voedingsbodems bevatten verschillende concentraties van een vitamine. Op iedere voedingsbodem werd een gelijk aantal bacteriën geplaatst en gedurende één week werd de grootte van de groeiende kolonies bepaald. De resultaten staan in onderstaande tabel, die je moet gebruiken voor de beantwoording van de vragen a en b.

vitamine concentratie (µg per 20 ml agar)	gemiddelde groeisnelheid van bacteriekolonies (mm per dag)
0,05	5
0,10	7,5
0,50	12
1,0	15
5,0	20
10,0	20

- a** De variabele in dit experiment is:
- A gemiddelde groeisnelheid
 - B optimale temperatuur voor bacteriegroei
 - C vitamineconcentratie
 - D bacteriesoort

- b** Welke van de volgende beweringen zou een juiste conclusie kunnen zijn bij dit onderzoek?
- A Bacteriën groeien niet zonder de vitamine.
 - B 0,75 µg van de vitamine per 20 mL agar zal een gemiddelde bacteriegroei van 25 mm per dag veroorzaken.
 - C 20 µg van de vitamine per 20 mL agar zal een gemiddelde bacteriegroei van 20 mm per dag veroorzaken.
 - D De bacteriën zullen het snelst groeien als de vitamineconcentratie tussen 5,0 en 10,0 µg per 20 mL agar zit.

»  VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2009, VRAAG 14

Sluit aan bij: T2, BS3

Menstruatieproblemen

- 3** Op een spreekuur van de huisarts komt een 28-jarige vrouw met de klacht dat zij al enkele maanden geen menstruatie meer heeft. Zij blijkt niet in verwachting te zijn. Bij onderzoek wordt een klein gezwelletje ontdekt aan de onderzijde van de grote hersenen. Na operatieve verwijdering van dit gezwelletje vindt weer regelmatig de menstruatie plaats. Voor het uitblijven van de menstruatie van deze vrouw worden mogelijke verklaringen bedacht.
- 1 Het gezwelletje drukte tegen de hypofyse waardoor de productie van een hypofysehormoon wordt belemmerd.
 - 2 Het gezwelletje drukte tegen een zenuw zodat er geen impulsen naar de eierstokken konden worden geleid.
 - 3 Het gezwelletje maakte stoffen die de menstruatie verhinderden.
- Omcirkel de juiste verklaring(en).

»  VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2013 HAVO, VRAAG 17

Sluit aan bij: T2, BS1 en BS2

Bijenvolk

- 4** Een bijenvolk bestaat uit een heleboel werksters, onvruchtbare vrouwtjes, en één koningin. De werksters verzorgen de eieren en de larven die daar uit komen. Ze halen ook voedsel in de vorm van stuifmeel en nectar én ze verjagen de vijanden. De koningin is de enige die eieren legt. Een jonge koningin maakt één keer in haar leven een bruidsvlucht waarbij zij paart met een groot aantal mannetjes. Het sperma bewaart zij in haar lichaam. Eenmaal terug in de kast begint de koningin eieren te leggen en daar gaat zij de rest van haar leven mee door. De koningin legt bevruchte en onbevruchte eieren. Uit de bevruchte eieren komen meestal werksters en soms een koningin. Uit onbevruchte eieren komen de darren (mannetjes).

Welke bij heeft geen vader maar wel een grootvader? Of komt dat niet voor?

- A de koningin
- B de werkster
- C de dar
- D dat komt niet voor

►► VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2010, VRAAG 6

Sluit aan bij: T₃, BS₁

Genen en milieu

- 5 Zijn de volgende beweringen over genen en milieu waar of niet waar?
- 1 Het genotype (alle genen) van een mens komt tot stand tijdens de geboorte.
 - 2 Invloeden uit het milieu kunnen het fenotype (kenmerken) veranderen.
 - 3 De chromosomen in de cellen van je nieren bevatten de informatie voor je oogkleur.
 - 4 Een vlinder heeft niet hetzelfde genotype als de rups waar hij uitkomt.
- Omcirkel de juiste antwoorden.

►► VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2015 HAVO, VRAAG 2

Sluit aan bij: T₃, BS₂ en BS₄

Op de boerderij

- 6 Boer Tientjes heeft één fokstier en een stal vol koeien. De koeien worden bevrucht door middel van kunstmatige inseminatie (KI). Het gebruikte zaad komt van de stier.
- Van een bepaalde koe neemt hij na superovulatie eicellen af. Superovulatie is een kunstmatige, hormonaal opgewekte eisprong waarbij meer eicellen vrijkomen.
- Geef van de volgende beweringen aan of ze juist of onjuist zijn. Omcirkel het juiste antwoord of de juiste antwoorden.
- I Alle kalveren die verwekt zijn uit dezelfde zaadlozing hebben hetzelfde geslacht.
 - II De nakomelingen, verkregen uit samensmelting van superovulatie-eicellen en KI-sperma van de fokstier, zijn eeneiige meerlingen.
 - III De nakomelingen, verkregen uit samensmelting van superovulatie-eicellen en KI-sperma van de fokstier zijn twee-eiige meerlingen
 - IV Er worden op de boerderij naar verwachting evenveel koeien als stieren geboren.

►► VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2002, VRAAG 10

Sluit aan bij: T₄, BS₁, BS₃ en BS₆

Zwammen

- 7 De roze stinkzwam (*Mutinus ravenelli* (a)) is zeer waarschijnlijk afkomstig uit Noord-Amerika. Maar er wordt ook gedacht aan Zuidoost-Azië. Door de roze steel en het rode hoedje is hij direct te onderscheiden van de iets kleinere meer oranje, kleine stinkzwam (*Mutinus caninus* (b)). In de jaren vijftig werd de roze stinkzwam voor het eerst in Nederland waargenomen. Hij is te vinden op uiteenlopende plaatsen, maar blijkt de voorkeur te hebben voor bodems met een grove strooisellaag. Sinds het gebruik van houtsnippers voor wandelpaden is het aantal dan ook sterk toegenomen. Behalve de roze stinkzwam zijn ook soorten als het gestreept nestzwammetje (*Cyathus striatus* (c)), het bleek nestzwammetje (*Cyathus olla* (d)) en de oranje-rode stropharia (*Psilocybe auantiaca* (e)) heel algemeen geworden dankzij de snipperpaden.

- a Over de organismen van welk rijk gaat het in dit stukje? Geef het juiste nummer uit onderstaande tabel.

1	algen	6	mensen
2	bacteriën	7	planten
3	dieren	8	schimmels
4	eencelligen	9	virussen
5	insecten	10	wormen

- b Geef de nummers van de andere rijken.
 c Welke zwammen in deze tekst behoren tot hetzelfde geslacht? Noteer de juiste letters of geef een o als dat onmogelijk is.
 d Welke zwammen in deze tekst kunnen door onderlinge kruising voor vruchtbare nakomelingen zorgen? Noteer de juiste letters of geef een o als dat onmogelijk is.

► VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE 1992, VRAAG 16

Sluit aan bij: T4, BS7

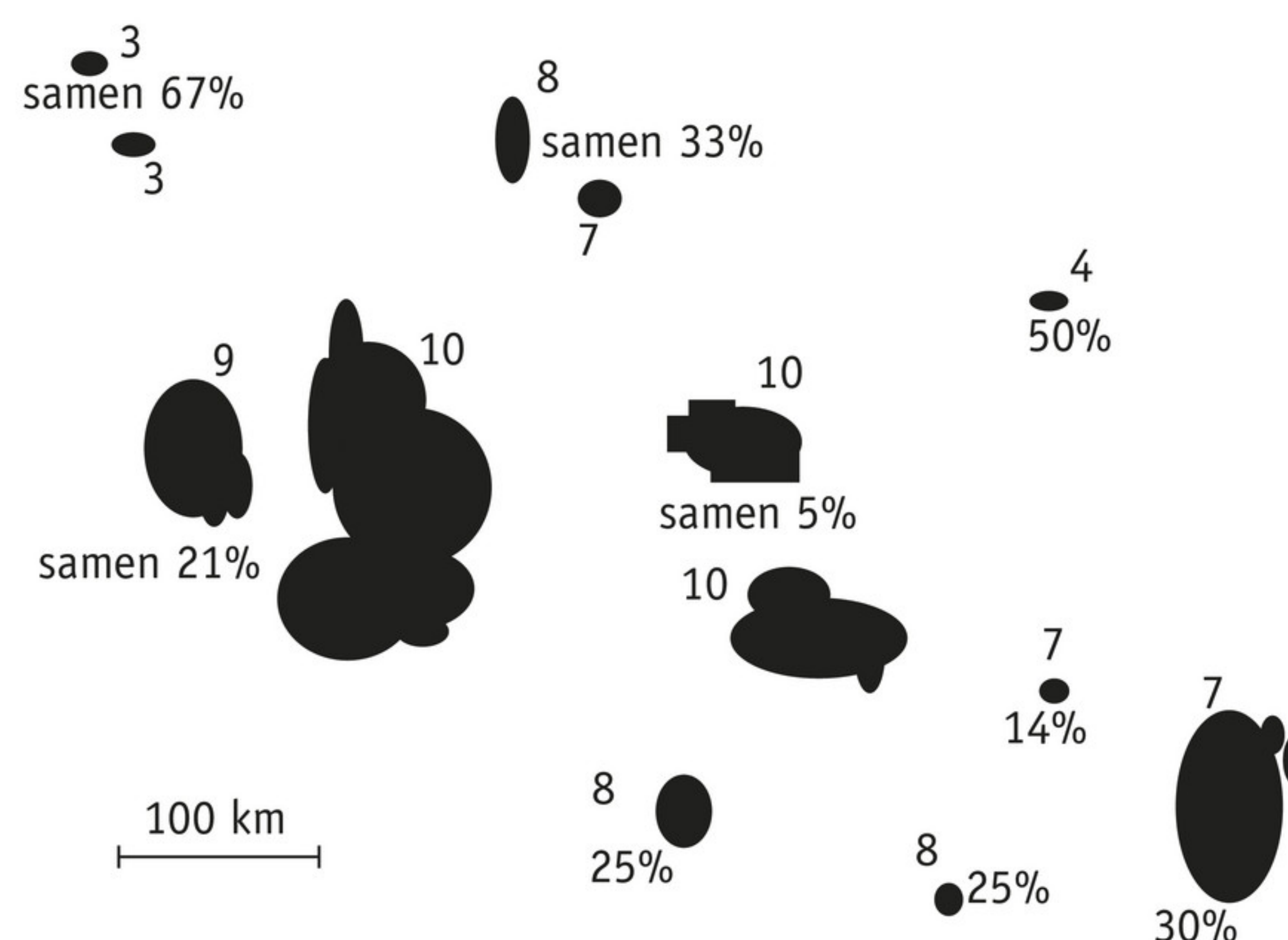
Galapagoseilanden

- 8 De eilanden van de Galapagos Archipel liggen in de Stille Oceaan op de evenaar, zo'n 900 km ten westen van Ecuador. Ze zijn van vulkanische oorsprong. In afbeelding 1 staat de ligging van enkele eilanden geschetst. Daar staat ook het aantal soorten vinken op elk eiland en het percentage daarvan dat endemisch (= inheems = alleen op het desbetreffende eiland voorkomend) is.

Waaraan zal de evolutiebioloog het verschijnsel toeschrijven dat het percentage endemische soorten op de eilanden aan de rand groter is dan in het centrum van de Archipel?

- A aan isolatie
 B aan modificatie
 C aan mutatie
 D aan selectie

► Afb. 1 Vinken op Galapagoseilanden.



A

aangeboren afwijking 126
 actief transport 41
 adaptie 195
 adolescentie 100
 afstamming 201
 aids 107
 allel 126
 analoog 198
 anatomie 197
 anorganische stoffen 176
 anticonceptie 108
 aquaporines 37
 ATP 28
 autosomen 124
 autotroof 176

B

bacteriën 180
 bacteriofagen 182
 basenparing 126
 beschrijvend onderzoek 45
 bevruchting 79
 binaire naamgeving 179
 biodiversiteit 175
 biologische eenheden 12
 biosfeer 13
 biseksueel 102
 bladgroen 21
 bladgroenkorrels 21
 blancoproef 45

C

cel 12
 celcyclus 75
 celdeling 72
 celdifferentiatie 95
 celmembraan 21
 celplasma 21
 celtype 97
 celwand 21
 chromatiden 75
 chromoplasten 21
 chromosomen 27
 cirkelvormig (circulair)
 chromosoom 180
 codominantie 131
 coming-out 103
 concentratie 33
 concentratieverval 40
 conclusie 47
 context 11

controlegroep 45
 cyanobacteriën 176

D

data 45
 dekweefsel 16
 diffusie 34
 diffusiesnelheid 34
 diploïde 79
 discussie 50
 DNA 12
 DNA-analyse 201
 DNA, mitochondriaal 156
 DNA-replicatie 75
 DNA-sequentie 126
 DNA-synthese 75
 domeinen 175
 dominante allel 130
 dood 10
 doorlatend 35
 draagster 147

E

ecosysteem 12
 eicel 84
 eierstokken 84
 eitjes 193
 eiwitmantel 182
 embryo 94
 embryonale ontwikkeling 94
 emergente eigenschap 13
 endocytose 42
 endoplasmatisch reticulum 27
 endosoom 42
 enzymen 10
 erfelijke ziekte 126
 eukaryoten 177
 evolutie 193
 evolutionaire stamboom 201
 exocytose 28
 experimenteergroep 45

F

fagocytose 42
 fenotype 124
 fitness 197
 foetus 95
 follikel 84
 follikelstimulerend hormoon 88
 fosfolipiden 30
 FSH 88

G

Go-fase 75
 G1-fase 75
 G2-fase 75
 gekoppelde genen 154
 gekoppelde overerving 154
 gele lichaam 91
 gen 125
 gender 102
 genenpaar 129
 genenpool 205
 genetica 131
 genetische modificatie 181
 genetische variatie 134, 194
 genexpressie 126
 genoom 125
 genotype 124
 geografische isolatie 209
 geslacht 179
 geslachtelijke voortplanting 79
 geslachtscellen 79
 geslachtschromosomen 124
 geslachtshormonen 88
 geslachtsnaam 179
 gisten 185
 golgisysteem 28

H

haploïde 79
 HCG 93
 heteroseksueel 102
 heterotroof 176
 heterozygoot 129
 hiv 107
 homologe chromosomen 124
 homoloog 197
 homoseksueel 102
 homozygoot 129
 hormonale regulatie 108
 hormonen 88
 hormoonklieren 88
 humaan choriongonatropine 93
 hypertoon 38
 hypofyse 88
 hypothalamus 88
 hypothese 45
 hypothesetoetsend onderzoek 45
 hypotoon 38

- I**
- imago 191
 - inactivatie 126
 - individu 10
 - interactie 13
 - intercellulaire ruimten 22
 - intermediair 130
 - in-vitrofertilisatie 110
 - isotoon 38
 - ivf 110
- K**
- katalyseren 10
 - kenmerken 176
 - kernlichaampje 27
 - kernmembraan 21
 - kernplasma 27
 - kernporiën 27
 - ki 110
 - kiem 81
 - klievingsdelingen 94
 - klonen 73
 - kloon 73
 - kruisbestuiving 82
 - kruisingsschema 138
 - kruisingsvraagstuk 137
 - kunstmatige inseminatie 110
- L**
- larve 191
 - letale factoren 153
 - leukoplasten 21
 - levenloos 10
 - levenscyclus 10
 - levensfase 100
 - levensloop 10
 - levensverschijnselen 10
 - LH 88
 - lichaamscellen 79
 - locus 129
 - luteïniserend hormoon 88
 - lysosomen 28
- M**
- meeldraden 81
 - meiose 79
 - meiose I 79
 - meiose II 79
 - membraaneiwwitten 30
 - menstruatiecyclus 90
 - metamorfose 191
 - milieufactoren 126
- mitochondriaal DNA 156
- mitochondriën 28
- mitose 74
- modellen 46
- modelleren 46
- modificatie 126
- molecuul 12
- monohybride kruising 137
- multiële allelen 152
- mutaties 194
- N**
- nature-nurturediscussie 158
 - natuurlijke selectie 194
 - natuurwetenschappelijk probleem 45
 - natuurwetenschappen 11
 - navelstreng 94
 - neodarwinisme 193
 - neodarwinistische evolutietheorie 193
 - nucleotiden 125
- O**
- object 23
 - oestrogenen 90
 - onafhankelijke overerving 154
 - onderzoeksvraag 45
 - ongeslachtelijke voortplanting 72
 - ontwerpend onderzoek 46
 - ontwikkelen 10
 - onvolledig dominant 130
 - oplossing 33
 - orgaan 12
 - orgaanstelsel 15
 - organel 21
 - organische stoffen 176
 - organisme 10, 12
 - orgasme 102
 - osmose 35
 - osmotische waarde 36
 - overlevingskans 194
 - ovulatie 84
- P**
- paddenstoelen 186
 - passief transport 40
 - permeabel 35
 - placenta 94
 - plantenveredeling 82
 - plasmiden 180
 - plasmolyse 39
 - plastiden 21
 - pop 191
- populatie 12, 205
- porie-eiwitten 40
- ppm 33
- preparaat 23
- progesteron 91
- prokaryoten 177
- puberteit 100
- R**
- recessieve allel 130
 - recombinatie 134
 - reductiedeling 79
 - reproductieve isolatie 209
 - resultaten 47
 - ribosomen 27
 - rudimentaire organen 198
 - ruw endoplasmatisch reticulum 27
- S**
- scanning elektronenmicroscop 25
 - schimmeldraden 185
 - schimmels 185
 - secretie 28
 - seksualiteit 101
 - seksueel overdraagbare
aandoening 106
 - seksuele opwinding 101
 - seksuele selectie 206
 - selectiedruk 194
 - selectief permeabel 35
 - semipermeabel 35
 - S-fase 75
 - soa 106
 - soort 10, 205
 - soortaanduiding 179
 - spierweefsel 16
 - sporen 185
 - sporenplanten 186
 - stamboom 142, 199
 - stamcellen 97
 - stamper 81
 - steekproef 46
 - stofwisseling 10
 - survival of the fittest 194
 - systeem aarde 13
- T**
- teelballen 83
 - testkruising 141
 - testosteron 89
 - transgender 102
 - transmissie-elektronenmicroscop 25

transporteiwitten.....	41
trilharen.....	190
turgor.....	38
tussencelstof	16

V

vaatplanten.....	186
vacuole.....	21
vacuolemembraan.....	21
verslag.....	49
verwachting	47
virus	182
voedingsvacuole	42
voorbehoedmiddelen	108
vruchtbeginsel	81
vruchtwater.....	95

W

weefsel	16
weefselkweek	73
werkplan.....	49

X

X-chromosomaal	147
X-chromosoom	145

Y

Y-chromosoom	145
--------------------	-----

Z

zaad	81
zaadbeginsel	81
zaadcellen	83
zelfbestuiving	82
zenuwweefsel	16
zygote.....	79

AUTEURS

Deze geheel vernieuwde zesde editie bouwt voort op de vierde en vijfde editie van BVJ geschreven door:

Arteunis Bos
Onno Kalverda
Ruud Passier
Gerard Smits
Ben Waas
René Westra

REDACTIE

Ivonne Hermens
Grada Hooijer
Avyola van Pinxten

FOTO'S EN ILLUSTRATIES

123RF: thema 1: 35, *samenhang* 2; thema 2: ontdekken lb, 36, 44, *samenhang* 1, *samenhang* 2; thema 3: ontdekken lb, ontdekken 1.2, 7.3, 11, 16, 44, *samenhang* 1; thema 4: 15, 20, 22; ANP Photo, Rijswijk: thema 1: ontdekken lb, ontdekken 1; thema 2: 13, 29, 50; Science Photo Library / ANP Photo, Rijswijk: thema 1: 7.3, 8.2, 16, 22.1, 22.2, 25.1, 26, 28.1, 29.1, 46; thema 2: 1.1, 32 r; thema 4: 9; CDC/ Melissa Dankel: thema 4: ontdekken 1; Corbis: thema 1: 8.1; thema 3: 21 r, 42; thema 4: 44.2; Daimler: thema 1: 13.2; Dennis Kunkel Microscopy Inc.: thema 4: 14.1; Dreamstime: thema 3: ontdekken 1.1, ontdekken 1.3
Erik Eshuis Infographics, Groningen: thema 1: 14.2, 23 r, 24, 38, 39, 56; thema 2: 3, 17, 52, *practica* 1; thema 3: ontdekken 2, 2, 5, 6, 9, 10, 14, 15, 29, 31; thema 4: 7, 36, *samenhang* 2; olympiade: 1
Wim R. Euverman, Utrecht: thema 4: 32, 43.1, 43.2, 43.3; Examen Havo: thema 3: examentrainer 1; Getty Images: thema 1: 7.2, 36, 37, *practica* 6; thema 2: 1.2, 12, 39; thema 3: 33.1; thema 4: 13, 27, 44.1; Helpwanted.nl: thema 2: 49; Hollandse Hoogte, Den Haag: thema 4: ontdekken lb, 51; Imageselect, Wassenaar: thema 1: 7.1; thema 3: 8.1; thema 4: 17.2, *practica* 3; iStockphoto: thema 3: 7.2, 8.3; Onno Kalverda / Educatieve Content: thema 1: *practica* 5, *practica* 7; Bart Knols, In2Care BV, Wageningen: thema 1: ontdekken 3; Medical Visuals / Maartje Kunen, Arnhem: thema 2: 14, 15, 18, 19, 20, 28; thema 3: 17, Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: thema 1: 18, *practica* 10; thema 3: 41 o; thema 4: *practica* 1; Museum Boerhaave, Leiden: thema 1: 61; Mycorrhizal Applications: thema 4: 21; Picture-Alliance, Frankfurt: thema 1: examentrainer 1; thema 4: 6; Pilot Examen HAVO: thema 1: examentrainer 2; thema 3: examentrainer 2; thema 4:

ONTWERP

Uitgeverij Malmberg

OPMAAK

Pointer grafische vormgeving, Geldrop

BEELDVERWERVING

B en U International Picture Service, Amsterdam

examentrainer 1, examentrainer 2; Real World Image: thema 3: 33.2; From The Sacramento Bee, March 13 © 2015 McClatchy. All rights reserved: thema 4: 12; Science Museum, London. Wellcome Images: thema 1: 15; Wellcome Images L0003760: thema 4: 23; Henk Schuurmans, Heusden: thema 1: *practica* 3.1, *practica* 3.2, *practica* 3.3; Shutterstock: thema 1: 4, 9.1, 9.2, 10, 12, 13.1, 21, 23 l, *samenhang* 1; thema 2: 24, 32 l, 41, 45 b, 46, 47, 48; thema 3: 3, 4, 6.1, 6, 2, 6.3, 7.1, 8.2, 10, 12, 13.1, 13.2, 13.3, 18, 20, 21 l, 22, 34, 39, 43; thema 4: 5, 17.1, 19.1, 26, 34, 35, 37.1, 37.2, 39, 40.1, 40.2, 42, 45, *samenhang* 1; Henk van der Vrande: thema 1: 6, 14.1, 19, 20, 29.2, 30, 31, 32, 34, 43, 44.1, 44.2, 44.3, 47.1, 47.2, 47.3, 49, 51, 55, 60, *practica* 4, *practica* 8, *practica* 9; thema 2: 5, 6, 7, 8, 9, 23, 33, 37, 42, 53; thema 3: 19; thema 4: 19.2, 33, 34

BEELDEN OMSLAG EN THEMA OPENINGEN

omslag: Klaproos, Getty Images
thema 1: Hydrobioloog, Hollandse Hoogte
thema 1: Stel op fiets, Getty Images
thema 3: Kas met ledverlichting, Corbis
thema 4: Pasgeboren krokodillen, Corbis

De uitgever heeft getracht met alle rechthebbenden op beelden en tekst in contact te treden. Mogelijk is dit niet in alle gevallen gelukt. Degene die meent op beelden en/of tekst recht te kunnen doen gelden, wordt verzocht in contact te treden met Uitgeverij Malmberg te 's-Hertogenbosch.

ISBN 978 94 020 7765 0

Release 6.1, eerste oplage

MALMBERG

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van

23 augustus 1985, St.b. 471, en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

© Malmberg 's-Hertogenbosch



Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.



Je mag in dit boek schrijven
en aantekeningen maken.



Je hebt ook toegang tot
de online leeromgeving.

AUTEURS

Marianne Gommers

Desirée Hagens

Arthur Jansen

Miranda Jansen

André van Leijen

Hans Rawee

Theo de Rouw

EINDREDACTIE

Ilse Gmelig

Lineke Pijnappels

ISBN 978 94 020 7765 0



9 789402 077650

601740-01